



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

## ÚSTAV ELEKTROENERGETIKY

DEPARTMENT OF ELECTRICAL POWER ENGINEERING

# VYUŽITÍ FVE PRO OHŘEV UŽITKOVÉ VODY RODINNÉHO DOMU

UTILIZATION OF PHOTOVOLTAIC ENERGY FOR WATER HEATING IN FAMILY HOUSE

## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

## AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Tomáš Fryšták

## VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

prof. Ing. Petr Toman, Ph.D.

BRNO 2023

# Bakalářská práce

bakalářský studijní program **Silnoproudá elektrotechnika a elektroenergetika**

Ústav elektroenergetiky

**Student:** Tomáš Fryšták

**ID:** 230367

**Ročník:** 3

**Akademický rok:** 2022/23

**NÁZEV TÉMATU:**

## Využití FVE pro ohřev užitkové vody rodinného domu

**POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:**

1. Popis a důvod změny stávajícího systému ohřevu užitkové vody
2. Výběr a návrh vhodné technologie ohřevu užitkové vody
3. Návrh využití přebytečné energie z FVE
4. Ekonomické zhodnocení investičních nákladů, návratnosti a úspor

**DOPORUČENÁ LITERATURA:**

doporučená literatura podle pokynů vedoucího závěrečné práce

**Termín zadání:** 6.2.2023

**Termín odevzdání:** 29.5.2023

**Vedoucí práce:** prof. Ing. Petr Toman, Ph.D.

**prof. Ing. Petr Toman, Ph.D.**  
předseda rady studijního programu

**UPOZORNĚNÍ:**

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

## **Abstrakt**

Práce má za úkol přiblížit problematiku ohřevu užitkové vody a navrhnout systém, který by byl realizovatelný v dispozičních podmínkách dané budovy a tvořil plnohodnotnou náhradu, ba i zdokonalení stávajícího systému ohřevu užitkové vody. Na tuto problematiku je nahlíženo ze dvou pohledů. Z pohledu využití fotovoltaického systému s měničem a elektrickou spirálou a z pohledu využití fototermického systému, kde se sluneční záření přímo přeměňuje na teplo a jeho následné uložení. Dále pak porovnává několik variant obdobného systému z ekonomické a funkční stránky.

## **Klíčová slova**

Ohřev užitkové vody v domě, fotovoltaika, fototermika

## **Abstract**

The task of the work is to bring the issue of utility water heating closer together and to design a system that would be feasible in the layout of the building and constitute a fully-fledged replacement, even improvement, of the existing utility water heating system. The issue is viewed from two perspectives. From the point of view of using a photovoltaic system with a transducer and an electrical spiral, and from the point of view of using a photothermal system where the sunlight is directly converted to heat and its subsequent storage. It then compares several variants of a similar system from the economic and functional side.

## **Keywords**

Heating of utility water in the house, photovoltaics, photothermal

## **Bibliografická citace**

FRYŠTÁK, Tomáš. *Využití FVE pro ohřev užitkové vody rodinného domu* [online]. Brno, 2023 [cit. 2023-05-16]. Dostupné z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/151337>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav elektroenergetiky. Vedoucí práce Petr Toman.

# Prohlášení autora o původnosti díla

**Jméno a příjmení studenta:** *Tomáš Fryšták*

**VUT ID studenta:** *230367*

**Typ práce:** *Bakalářská práce*

**Akademický rok:** *2022/23*

**Téma závěrečné práce:** *Využití FVE pro ohřev užitkové vody rodinného domu*

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího závěrečné práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené závěrečné práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne: 16. května 2023

-----  
podpis autora

## **Poděkování**

Děkuji vedoucímu bakalářské práce prof. Ing. Petru Tomanovi, Ph.D. za umožnění zpracování vlastního tématu této práce, za odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce. Dále děkuji svým rodičům, bez jejichž důvěry by tato práce nemohla vzniknout.

V Brně dne: 16. května 2023

-----  
podpis autora

# Obsah

|  |           |
|--|-----------|
| SEZNAM OBRÁZKŮ .....   | 9         |
| SEZNAM TABULEK.....  | 10        |
| ÚVOD .....   | 11        |
| <b>1. POPIS A DŮVOD ZMĚNY PŮVODNÍHO SYSTÉMU OHŘEVU UŽITKOVÉ VODY .....</b>                           | <b>12</b> |
| <b>2. VÝBĚR VHODNÉ TECHNOLOGIE OHŘEVU UŽITKOVÉ VODY.....</b>   | <b>14</b> |
| 2.1 SLUNEČNÍ ENERGIE V ČESKÉ REPUBLICE.....  | 14        |
| 2.2 FOTOVOLTAICKÝ SYSTÉM .....   | 15        |
| 2.2.1 <i>Bojler</i> .....  | 15        |
| 2.2.2 <i>Měnič</i> .....   | 17        |
| 2.2.3 <i>Fotovoltaické moduly</i> .....  | 18        |
| 2.3 FOTOTERMICKÝ SYSTÉM .....  | 22        |
| 2.3.1 <i>Konstrukce fototermických kolektorů</i> .....   | 22        |
| 2.3.2 <i>Solární zásobník tepla</i> .....  | 26        |
| 2.3.3 <i>Návrh systému</i> .....   | 27        |
| 2.4 SHRUTÍ VÝHOD A NEVÝHOD JEDNOTLIVÝCH SYSTÉMŮ .....  | 28        |
| 2.5 POUŽITÝ SYSTÉM.....  | 28        |
| <b>3. NÁVRH VYUŽITÍ PŘEBYTEČNÉ ENERGIE Z FVE .....</b>   | <b>30</b> |
| 3.1 VARIANTA BEZ NAVÝŠENÉHO VÝKONU FOTOVOLTAICKÝCH MODULŮ .....                                      | 31        |
| 3.1.1 <i>Měnič</i> .....   | 31        |
| 3.1.2 <i>Fotovoltaické moduly</i> .....  | 31        |
| 3.1.3 <i>Baterie</i> .....   | 32        |
| 3.2 VARIANTA S NAVÝŠENÝM VÝKONEM FOTOVOLTAICKÝCH MODULŮ .....  | 32        |
| 3.2.1 <i>Měnič</i> .....   | 32        |
| 3.2.2 <i>Fotovoltaické moduly</i> .....  | 32        |
| 3.2.3 <i>Baterie</i> .....   | 33        |
| <b>4. EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ NÁKLADŮ, NÁVRATNOSTI A ÚSPOR.....</b>                                    | <b>34</b> |
| 4.1 FOTOVOLTAICKÝ SYSTÉM BEZ DODATKOVÉHO ZDROJE TEPELNÉ ENERGIE.....                                 | 34        |
| 4.1.1 <i>Náklady na vybudování</i> .....   | 34        |
| 4.1.2 <i>Zhodnocení investice fotovoltaického systému bez dodatkového zdroje tepelné energie</i> ... | 35        |
| 4.2 KOMPLETNÍ INSTALACE S INSTALOVANÝM DODATKOVÝM ZDROJEM TEPELNÉ ENERGIE .....                      | 38        |
| 4.2.1 <i>Náklady na vybudování kompletního systému vytápění a ohřevu TUV</i> .....                   | 38        |
| 4.2.2 <i>Zhodnocení investice kompletního systému vytápění a ohřevu TUV</i> .....                    | 38        |
| 4.3 KOMPLETNÍ INSTALACE S VYUŽITÍM PŘEBYTKŮ ENERGIE .....  | 41        |
| 4.3.1 <i>Náklady na vybudování kompletní instalace s využitím přebytků energie</i> .....             | 41        |
| 4.3.2 <i>Zhodnocení investice kompletní instalace s využitím přebytků energie</i> .....              | 41        |
| 4.4 KOMPLETNÍ INSTALACE S NAVÝŠENÍM INSTALOVANÉHO VÝKONU.....  | 43        |
| 4.4.1 <i>Náklady na vybudování kompletní instalace s navýšením instalovaného výkonu</i> .....        | 44        |
| 4.4.2 <i>Zhodnocení investice kompletní instalace s navýšením instalovaného výkonu</i> .....         | 44        |
| 4.5 POROVNÁNÍ JEDNOTLIVÝCH VARIANT .....   | 46        |
| <b>5. ZÁVĚR.....</b>   | <b>48</b> |

|                                       |           |
|---------------------------------------|-----------|
| <b>LITERATURA.....</b>                | <b>50</b> |
| <b>SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b> | <b>52</b> |
| <b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>             | <b>54</b> |



## SEZNAM OBRÁZKŮ

|      |  |    |
|------|--|----|
| 2.1  | Průměrné roční hodnoty dopadající sluneční energie v České republice v kW/m <sup>2</sup> [1] ..... | 14 |
| 2.2  | Přiblížení konstrukce fotovoltaického modulu [4] .....   | 19 |
| 2.3  | VA charakteristika fotovoltaického modulu [5] .....  | 20 |
| 2.4  | Principiální nákres teplovodního kolektoru [7] .....   | 23 |
| 2.5  | Vakuový plošný kolektor [7] .....  | 24 |
| 2.6  | Vakuový trubicový kolektor s koncentrickým potrubím [7] .....                                      | 25 |
| 2.7  | Koncentrační kolektory [7] .....   | 26 |
| 2.8  | Finální instalace FV modulů na střeše objektu .....  | 28 |
| 2.9  | Instalace bojleru v koupelně .....   | 29 |
| 2.10 | Instalace DC rozvaděče, měniče a AC rozvaděče .....  | 29 |
| 3.1  | Vnitřní zapojení měniče Axpert King II 48 V .....  | 33 |

# SEZNAM TABULEK

|      |   |    |
|------|---|----|
| 1.1  | Průměrná spotřeba energií v daném rodinném domě .....   | 12 |
| 1.2  | Spotřeba energií v daném rodinném domě za vybrané roky .....  | 13 |
| 2.1  | Měrná denní potřeba teplé vody v obytných domech [2] .....  | 16 |
| 2.2  | Srovnání měničů určených pro napájení bojleru .....   | 18 |
| 2.3  | Parametry měniče MR4316AC NG.....   | 18 |
| 2.4  | Základní parametry FV modulu Amerisolar AS-6M144-HC 435W-465W .....                                   | 21 |
| 3.1  | Parametry jedné větve fotovoltaických modulů sestávající se ze sedmi modulů .....                     | 31 |
| 3.2  | Parametry dvou větví fotovoltaických modulů sestávajících se ze šesti modulů .....                    | 32 |
| 4.1  | Přehled nákladů na fotovoltaický systém ohřevu užitkové vody .....                                    | 34 |
| 4.2  | Určení ročního zisku důsledkem změny systému ohřevu TUV .....   | 35 |
| 4.3  | Vyhodnocení investice fotovoltaického systému ohřevu TUV .....  | 36 |
| 4.4  | Přehled nákladů na kompletní systém vytápění a ohřevu TUV .....                                       | 38 |
| 4.5  | Určení ročního zisku důsledkem změny systému vytápění a ohřevu TUV .....                              | 39 |
| 4.6  | Vyhodnocení investice kompletního systému vytápění domu a ohřevu TUV .....                            | 40 |
| 4.7  | Přehled nákladů na kompletní instalaci s využitím přebytků energie.....                               | 41 |
| 4.8  | Určení ročního zisku důsledkem změny systému vytápění, ohřevu TUV a využitím přebytků energie .....   | 42 |
| 4.9  | Vyhodnocení investice kompletního systému vytápění domu, ohřevu TUV a využitím přebytků energie ..... | 43 |
| 4.10 | Přehled nákladů na kompletní instalaci s navýšením instalovaného výkonu .....                         | 44 |
| 4.11 | Určení ročního zisku důsledkem navýšení instalovaného výkonu .....                                    | 45 |
| 4.12 | Vyhodnocení investice kompletní instalace s navýšeným instalovaným výkonem .....                      | 46 |
| 4.13 | Porovnání jednotlivých variant .....  | 47 |

# ÚVOD

Situace na trhu s energiemi se v posledním roce dramaticky mění. Pro spotřebitele ne zrovna dobrým směrem. Tam, kde by člověk dříve nespatoval problém ve financování chodu domácnosti, či určitou komplikaci, najednou hledá, kde by mohl snížit náklady na její chod.

Právě vzrůsty cen energií, konkrétně plynu, daly podnět pro vznik této bakalářské práce. Vytápění a ohřev užitkové vody zabezpečoval v rodinném domě plynový kotel. Ceny tepla a teplé vody úměrně rostly se stoupající cenou plynu. Na základě toho se majitel domu rozhodl pro změnu způsobu vytápění domu a zabezpečení teplé užitkové vody. Jedním z požadavků byla úplná, či alespoň částečná nezávislost na dodávkách energií z inženýrských sítí. Proto se jednotlivé varianty nového systému zaměřují na využití alternativních zdrojů energie.

Cílem práce je navrhnout alternativní systém zabezpečující ohřev užitkové vody a vytápění domu nezávisle na dodávkách energií z inženýrských sítí, který by se bez větších stavebních úprav vměstnal do stávajících prostor domu. Dále pak analyzovat možnosti využití energie, která nebude spotřebována pro ohřev užitkové vody a následně provést ekonomické zhodnocení jednotlivých variant.

# 1. POPIS A DŮVOD ZMĚNY PŮVODNÍHO SYSTÉMU OHŘEVU UŽITKOVÉ VODY

Jak se říká, srdcem domu je zdroj tepla. V případě tohoto rodinného domu to byl plynový průtokový ohřívač a krbová teplovzdušná vložka. Plynový průtokový ohřívač zajišťoval teplou vodu pro celý dům a také ohřev otopné vody pro radiátory. Pouze zmíněným plynovým kotlem šel vytopit celý dům. Krbová vložka má rozvody teplého vzduchu realizovány tak, že bylo možné vytopit pouze tři místnosti v domě. Tím pádem dřevem bylo možné vytopit dům pouze v omezené míře. Tato skutečnost a značné vzrůsty cen na trhu s energiemi se z pohledu majitele domu v období, kdy se o realizaci přestavby rozhodovalo, staly nepřijatelné a rozhodl se systém ohřevu vody změnit a stát se nezávislý na inženýrských sítích v případě produkce tepla v domě.

Pro představu spotřeby energií v daném domě budou následně uvedeny tabulky 1.1, která zobrazuje průměrnou spotřebu energií a tabulka 1.2, která zobrazuje spotřebu energií ve vybraných rocích. Ihned po spuštění nového systému ohřevu vody a vytápění v říjnu roku 2022, se snížila spotřeba plynu. Plyn je již využíván pouze k vaření.

Tabulka 1.1 Průměrná spotřeba energií v daném rodinném domě

|        | elektřina [kWh] | plyn [m <sup>3</sup> ] |
|--------|-----------------|------------------------|
| 2015   | 2 299           | 780                    |
| 2016   | 2 212           | 819                    |
| 2017   | 2 167           | 574                    |
| 2018   | 2 053           | 802                    |
| 2019   | 1 938           | 568                    |
| 2020   | 4 080           | 515                    |
| 2021   | 2 579           | 712                    |
| 2022   | 2 648           | 362                    |
| průměr |                 |                        |
|        | 2 497 kWh       | 642 m <sup>3</sup>     |

Tabulka 1.2 Spotřeba energií v daném rodinném domě za vybrané roky

| 2021          |                  |                          | 2022          |                 |                          |
|---------------|------------------|--------------------------|---------------|-----------------|--------------------------|
|               | elektřina [kWh]  | plyn [m <sup>3</sup> ]   |               | elektřina [kWh] | plyn [m <sup>3</sup> ]   |
| leden         | 326              | 110                      | leden         | 151             | 54                       |
| únor          | 298              | 122                      | únor          | 198             | 57                       |
| březen        | 284              | 76                       | březen        | 174             | 51                       |
| duben         | 241              | 73                       | duben         | 188             | 34                       |
| květen        | 212              | 53                       | květen        | 163             | 38                       |
| červen        | 138              | 30                       | červen        | 124             | 31                       |
| červenec      | 127              | 37                       | červenec      | 105             | 22                       |
| srpen         | 175              | 33                       | srpen         | 279             | 26                       |
| září          | 201              | 35                       | září          | 265             | 33                       |
| říjen         | 216              | 36                       | říjen         | 234             | 11                       |
| listopad      | 187              | 50                       | listopad      | 276             | 2                        |
| prosinec      | 174              | 57                       | prosinec      | 491             | 3                        |
| <b>celkem</b> | <b>2 579 kWh</b> | <b>712 m<sup>3</sup></b> | <b>celkem</b> | <b>2648 kWh</b> | <b>362 m<sup>3</sup></b> |

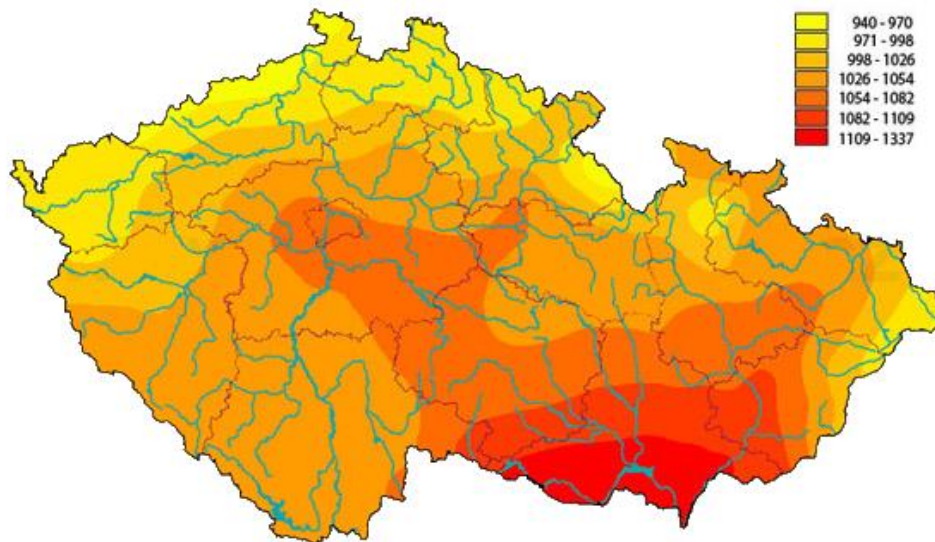
## 2. VÝBĚR VHODNÉ TECHNOLOGIE OHŘEVU UŽITKOVÉ VODY

Při výběru technologie ohřevu TUV byly kladeny požadavky na několik aspektů, a to na prostorovou náročnost, s tím související nutné stavební úpravy objektu, v němž má být tento systém instalován, částečnou, či úplnou nezávislost na energiích dostupných z inženýrských sítí, nebo alespoň nějakou alternativu a v neposlední řadě na pořizovací a provozní náklady celého systému.

V podstatě první myšlenkou bylo využití sluneční energie, jelikož se dům nachází na Jižní Moravě, kde slunce dosahuje nejvyšších průměrných ročních hodnot slunečního svitu v České republice, návrh se začal ubírat tímto směrem. Následně bylo zapotřebí vybrat vhodnou technologii, bylo rozhodováno mezi dvěma typy systémů ohřevu TUV. Mezi fototerickým a fotovoltaickým systémem.

### 2.1 Sluneční energie v České republice

Aby mohl být solární systém navrhnout bylo třeba znát průměrné hodnoty sluneční energie dopadající na vodorovnou rovinu. V České republice se roční úhrn sluneční energie dopadající na vodorovnou rovinu v průměru pohybuje mezi 1000 až 1200 kWh/(m<sup>2</sup> rok). Dosažení podobných hodnot lze uvažovat i pro jižně orientované instalace s optimálním sklonem.



Obrázek 2.1 Průměrné roční hodnoty dopadající sluneční energie v České republice v kWh/m<sup>2</sup> [1]

Navrhovaná instalace má z pohledu lokace ideální umístění. Objekt, na který má být systém instalován, má téměř ideální umístění z hlediska využití sluneční energie. Část střechy, která je vyhrazena pro instalaci teplovodních kolektorů, či fotovoltaických modulů je orientována na jih. Tato plocha není ničím zastíněna. Sluneční záření na ni dopadá od úsvitu do západu slunce.

V následujících dvou podkapitolách budou podrobněji uvedeny jednotlivé návrhy ohřívacích soustav.

## 2.2 Fotovoltaický systém

V případě využití fotovoltaického systému pro ohřev TUV se uvažuje s následně popsanou konfigurací. Jako prvek, jenž bude zajišťovat ohřev TUV bude použit bojler s elektrickou topnou spirálou, elektrickou energii potřebnou k napájení topné spirály budou generovat fotovoltaické moduly. Aby nebylo nutné upravovat elektrické zapojení bojleru je v sestavě zahrnut měnič .

### 2.2.1 Bojler

Aby bylo možno vybrat správný bojler, je třeba prvně určit několik vstupních požadavků. První z nich byl, kde a jakým způsobem bude bojler umístěn. Požadavek byl kladen na skutečnost, aby se bojler svými rozměry vměstnal do stávajících prostor koupelny domu bez toho, aniž by muselo dojít k jakýmkoliv stavebním úpravám. Tento požadavek byl kladen kvůli stávajícím rozvodům vody v domě. Díky tomu, že bude bojler umístěn v blízkosti těchto rozvodů, bude jeho připojení na ně snazší.

Dalším kritériem je určení objemu bojleru. Ten se bude odvíjet od počtu osob žijících v domě, teploty vody v bojleru, množstvím teplé vody připadajícím na jednu osobu a počtem dní po které má být teplá voda k dispozici. Kvůli maximalizování využití sluneční energie se voda v bojleru se bude ohřívat na co nejvyšší teplotu, kterou bojler umožňuje. Objem bojleru bude vypočítán pomocí vztahu

$$V_{\text{bojleru}} = n_o \cdot V_{\text{osoba}} \cdot t_d , \quad (2.1)$$

kde  $V_{\text{bojleru}}$  značí celkový objem bojleru (l),  $n_o$  počet osob (-),  $V_{\text{osoba}}$  počet litrů připadajících na jednu osobu a den (l),  $t_d$  počet dnů, po který má být zásoba teplé vody k dispozici (-).

Specifická denní spotřeba teplé vody činí dle tabulky 2.1, při středním standardu spotřeby teplé vody, 20 až 40 l na osobu a den při předpokladu, že teplota vody dosahuje 60 °C. Pro návrh objemu bojleru bude uvažováno s průměrnou hodnotou množství použité vody na osobu a den ve středním standardu. Ta bude vypočtena pomocí vztahu

$$V_p = \frac{V_1 + V_2}{2}, \quad (2.2)$$

kde  $V_p$  je průměrná spotřeba osoby na den (l),  $V_1$  a  $V_2$  jsou krajní hodnoty spotřeby, ze kterých byla počítána průměrná spotřeba teplé vody o teplotě 60 °C (l).

Tabulka 2.1 Měrná denní potřeba teplé vody v obytných domech [2]

| Standart | 60 °C              | 45 °C               | Tepelná energie        |
|----------|--------------------|---------------------|------------------------|
| Nízký    | 10 až 20 l/os. den | 15 až 30 l/os. den  | 0,6 až 1,2 KWh/os. den |
| Střední  | 20 až 40 l/os. den | 30 až 60 l/os. den  | 1,2 až 2,4 KWh/os. den |
| Vysoký   | 40 až 80 l/os. den | 60 až 120 l/os. den | 2,4 až 4,8 KWh/os. den |

Problém ale nastává, pokud bude počítáno s teplotou vyšší než 60 °C. Průměrná spotřeba musí být přepočítána z 60 °C na průměrnou spotřebu vody při 75 °C, se kterou se bude počítat v tomto případě. Teploty vody v bojleru 75 °C bude užíváno ze dvou důvodů. Za prvé je žádoucí do vody uložit co nejvíce energie, kterou lze přes den ze slunečního záření získat a za druhé dochází k teplotní dezinfekci vody. Pokud by se teplota pohybovala v rozmezí 25 až 55 °C, vytvořili bychom dobré podmínky pro množení bakterií. Nejproblematictější bakterií je legionella pneumophila, jež je zodpovědná za takzvanou legionářskou nemoc, zánět plic, který může končit až smrtí. Z tohoto důvodu se doporučuje objemové akumulátory teplé vody periodicky ohřívat na teplotu vyšší než 60 °C [3].

Pro určení energetického ekvivalentu objemu teplé vody o 75 °C bylo použito následující rovnice

$$Q = m \cdot c \cdot (t_h - t_s), \quad (2.3)$$

kde  $Q$  je množství energie, které je třeba dodat určitému množství vody (J),  $m$  hmotnost vody, která je ohřívána (kg),  $c$  je měrná tepelná kapacita vody (J/K),  $t_h$  je teplota teplé vody (°C) a  $t_s$  je teplota studené vody (°C).

Při určení ekvivalentního množství teplé vody o teplotě 75 °C, byl zvolen následující postup. Prvně bylo vypočteno množství energie, která je potřebná k ohřátí 30 litrů vody, což je právě průměrné množství vody spotřebované jednou osobou za den, z 10 °C na teplotu 60 °C, to je teplota, pro kterou se průměrná spotřeba na osobu a den udává. Když již byla známa energie, která je potřebná k ohřátí vody na 60 °C, může být spočítáno množství vody, které se ohřeje z 10 °C na 75 °C za dodání stejné energie, jako při ohřátí vody na 60 °C. K ohřátí 30 l vody z 10 °C na 60 °C bylo třeba 6,25 MJ. Tato energie stačí na to, aby bylo 23,1 l vody z 10 °C na 75 °C.

Nyní může být použito vzorce 2.1, aby byl určen potřebný objem bojleru. Ve výpočtu bude počítáno se čtyřmi osobami, které budou teplou vodu užívat, s množstvím vody na jednu osobu a den 23,1 l a s dobou po kterou má být teplá voda k dispozici 1,5 dne. 1,5 dne pro to, aby mohlo být využíváno každodenní sluneční energie a aby byla teplá voda k dispozici i v ranních hodinách. Po dosazení do vzorce vyjde potřebný objem bojleru



138 l. Pokud tomu nebude přát počasí a nebude možno sluneční energie využívat, bude mít bojler i teplovodní výměník, který zaručí ohřátí vody pomocí instalovaného výměníku.

Dle dříve určených parametrů byl vybrán bojler značky Dražice s obchodním označením OKC 160 o užitém objemu 148 l s výměníkem o výkonu 9 kW při teplotě vody ve výměníku 80 °C a průtoku 310 l/h. Elektrická topná spirála má výkon 2,2 kW. Varianta s výměníkem byla zvolena kvůli napojení bojleru na druhý zdroj tepelné energie pro případy, kdy nebude možno ohřívat vodu pomocí sluneční energie.

Energii potřebnou k ohřátí objemu bojleru lze vypočítat obdobně pomocí vztahu (2.3). U zvoleného typu bojleru se na ohřátí celého objemu z teploty 10 °C na teplotu 75 °C pomocí elektrického topného tělesa o výkonu 2,2 kW spotřebuje 11,1 kWh a doba ohřevu bude rovna 5,1 hodin.

### 2.2.2 Měníč

Když je nyní znám výkon elektrického topného tělesa, může být započat návrh měniče. Na trhu lze najít nespočetné množství měničů, nejdříve je třeba určit, co bude od měniče požadováno. Měníč by měl být schopen odebírat z fotovoltaických modulů maximální výkon. Jelikož výkon fotovoltaického článku závisí na nastavení pracovního bodu, který je dán  $U$  a  $I$  článku, více o této problematice v podkapitole fotovoltaické moduly, měnič by měl být schopen tento pracovní bod sledovat, nebo jej aktivně vyhledávat. K tomu slouží funkce měniče, která je nazývána maximum power point tracking (dále v textu jen MPPT).

Pokud by byla topná spirála připojena přímo na stejnosměrné napětí modulů, stávající termostat by nemohl být použit. Velmi rychle by došlo k jeho zničení vlivem působení stejnosměrného oblouku, který by vznikl při vypínání, rozpojení kontaktů. Musel by být použit jiný systém vypínání. Navíc výsledná získaná energie by byla menší než s použitím měniče, díky výkonovému nepřizpůsobení fotovoltaických modulů a elektrické topné spirále.

Minimální výkon, který bude muset umět měnič dodávat jsou 2,2 kW. Výstupní napětí musí být střídavé o velikosti 230 V, to je hodnota nominálního napětí, na které je stavěna spirála v bojleru. Ovšem takový měnič, který na výstupních svorkách produkuje čistý sinusový průběh vyjde něco kolem 15 000 Kč. Ovšem pro napájení odporové zátěže stačí pouze obdélníkový průběh signálu, který pravidelně prochází nulou. Právě tato skutečnost umožní připojení bojleru bez nutných úprav elektrického zapojení bojleru a může být využit původní termostat, aniž by hrozilo nadměrné opalování kontaktů a jeho následné zničení. Tyto měniče jsou levnější a pro napájení bojleru plně dostačující, jejich nevýhoda ovšem spočívá v tom, že z těchto měničů nelze napájet jiná než odporová zátěž, což v tomto případě ničemu nevádí, protože to bude jeho hlavní a jedinou funkcí.

Co se týče ceny těchto měničů, ta začíná někde kolem 1/3 ceny měničů podobného výkonu s čistým sinusem, to znamená kolem 5000 Kč za již sestavený kus, je tady

i možnost koupě stavebnice, kterou je nutno po dodání složit. U tohoto řešení se lze dostat s cenou ještě níže.

Tabulka 2.2 Srovnání měničů určených pro napájení bojleru

| <b>Přehled měničů pro napájení bojleru</b> |                        |                                  |                               |           |
|--|------------------------|----------------------------------|-------------------------------|-----------|
| název                                      | napájecí DC napětí [V] | maximální výstupní AC napětí [V] | maximální výstupní výkon [kW] | cena [Kč] |
| MARKO 2kW                                  | 24 - 400               | 350                              | 2,6                           | 8 000     |
| MR4316AC NG                                | 60 - 430               | 60 - 250                         | 3                             | 5 500     |
| MAS2000                                    | 200 - 270              | 350                              | 2,6                           | 14 700    |
| MARKO D 2kW                                | 24 - 330               | 330                              | 2,5                           | 10 250    |
| OPL 9AC 3kW                                | 80 - 400               | 100 - 260                        | 3                             | 11 480    |
| GREEN BOOST 3kW                            | 120 -350               | 120 - 245                        | 3                             | 7 799     |

Pro použití v sestavě byl vybrán měnič MR4316AC NG. Parametry měniče jsou uvedeny v tabulce 2.2. Tento měnič má dva výstupy, a to buď stejnosměrný, přímo z fotovoltaických modulů, nebo střídavý obdélníkového tvaru o frekvenci 121 Hz a maximálním napětí 250 V.

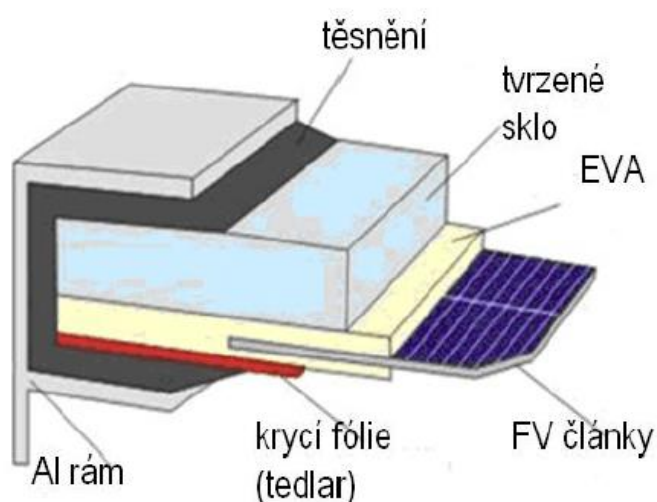
Tabulka 2.3 Parametry měniče MR4316AC NG

| <b>Měnič MR4316AC NG</b>             |          |
|--------------------------------------|----------|
| Napájecí napětí DC [V]               | 60 - 430 |
| Maximální vstupní proud [A]          | 16       |
| Minimální dovolené napětí modulů [V] | 60 - 250 |
| Maximální výstupní napětí AC [V]     | 10 -250  |
| Výstupní kmitočet [Hz]               | 121      |
| Výstupní napětí DC [V]               | 60 - 430 |

### 2.2.3 Fotovoltaické moduly

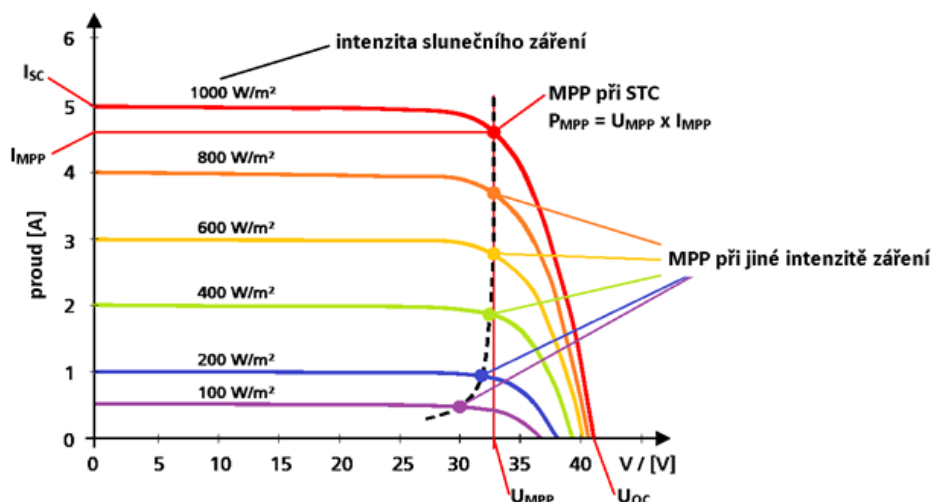
Fotovoltaický modul je zřízení přímo přeměňující energii slunečního záření na elektrickou energii. Solární modul je složen z několika částí. Srdce článku tvoří fotovoltaický článek, jedná se o většinou čtvercový křemíkový plát o tloušťce 0,2 – 0,4 mm, legovaný příměsemi. Legování se provádí kvůli vytvoření P a N vrstvy, potřebné k vytvoření polovodičového přechodu. K plátu jsou připevněny kontakty umožňující odvést elektrickou energii ze článku. Tyto články jsou připevněny na zadní stranu fotovoltaického modulu a kontakty jsou vodivě propojeny. Zadní strana je tvořena krycí

fólií snižující hořlavost. Z čelní strany je modul přikryt vrchním skleněným krytem, který zajistí osvit fotovoltaických článků a zabrání přístupu vody do vnitřních prostor modulu. Celý modul je osazen zpravidla v hliníkovém rámu, který zajistí určitou mechanickou pevnost modulu. Současnou funkcí rámu je připevnění modulu k nosné konstrukci. Vodotěsné spojení mezi hliníkovým rámem a sklem je realizováno gumovým těsněním. Vodotěsné spojení mezi hliníkovým rámem a sklem je realizováno gumovým těsněním.



Obrázek 2.2 Přiblížení konstrukce fotovoltaického modulu [4]

Elektrické vlastnosti fotovoltaického modulu lze popsat VA charakteristikou, ta popisuje závislost proudu na napětí. Pomocí VA charakteristiky lze také určit maximální výkon modulu. Maximální výkon odpovídá největšímu obdélníku, který jde do prostoru pod charakteristickou křivkou vepsat. Přičemž se pravá horní hrana bude dotýkat křivky. Bod, který tak vznikne se nazývá MPP. Tako zkratka vyjadřuje slovní spojení Maximum Power Point. Napětí, které tomuto bodu odpovídá lze nazvat  $U_{MPP}$ . Proud odpovídající bodu Mpp se nazývá  $I_{MPP}$ . Dalšími významnými body charakteristiky jsou proud na krátko  $I_{SC}$  a napětí naprázdno  $U_{OC}$ .



Obrázek 2.3 VA charakteristika fotovoltaického modulu [5]

Aby bylo možné využívat maximálního výkonu modulů i za měnících se světelných podmínek, používá se v sestavě již zmiňovaný měnič. Ten má za úkol sledovat, či aktivně vyhledávat MPP. Bez použití měniče, by moduly pracovaly v bodě, který by byl dán odporem spirály. Ten by byl jen zřídka kdy ten optimální.

Již je známo dostatek informací, potřebných pro zjištění parametrů a počtu solárních modulů. Jelikož vybraný měnič umí napětí jenom snižovat, vstupní stejnosměrné napětí z modulů musí být vyšší než napětí požadované na AC výstupu. Z toho plyne, že moduly budou muset být zapojeny do série, protože napětí jednoho modulu se obvykle pohybuje níž, než je požadované napětí k napájení zvoleného bojleru. Dále vstupní napětí modulů nesmí přesáhnout hodnotu 430 V, a to ani ve stavu naprázdno a vstupní proud nesmí být vyšší než 16 A. Elektrická spirála bojleru má výkon 2200 W, to je minimální požadovaný výkon, na který budou moduly dimenzovány.

Určování elektrických parametrů solárních modulů probíhá při určitých podmínkách měření. A to při laboratorních, tato metoda se nazývá Standart Test Conditions (Standartní testovací podmínky) a Nominal Operational Cell Temperature (Nominální Provozní Teplota Článku). Při metodě STC je hodnota intenzity dopadajícího slunečního záření 1000 W/m<sup>2</sup>, teplota modulu je +25 °C, spektrum AM = 1,5. Naopak měření metodou NOCT má představovat běžné podmínky při provozu FV modulů [6].

Pro sestavu byly použity fotovoltaické moduly od značky Amerisolar o výkonu 450 Wp naměřených při STC. Rozměry modulu jsou 2108 mm na výšku a 1048 mm na šířku. Další parametry lze nalézt v příloze A. Zde budou uvedeny parametry potřebné pro výpočty, pomocí kterých bude určeno, kolik modulů bude třeba pro získání požadovaného výkonu.

Tabulka 2.4 Základní parametry FV modulu Amerisolar AS-6M144-HC 435W-465W

|                |       |
|----------------|-------|
| $P_{STC}$ [W]  | 450   |
| $P_{NOCT}$ [W] | 335   |
| $U_{OC}$ [V]   | 50,2  |
| $U_{pmax}$ [V] | 41,8  |
| $I_{sc}$ [A]   | 11,28 |
| $I_{pmax}$ [A] | 10,77 |

Nejprve byl určen počet modulů, který bude třeba k napájení spirály bojleru. Výpočet byl proveden dle následujícího vztahu

$$n_p = \frac{P_{bojler}}{P_{NOCT}}, \quad (2.4)$$

Kde  $n_p$  představuje potřebný počet fotovoltaických modulů,  $P_{bojler}$  představuje příkon elektrické topné spirály bojleru a  $P_{NOCT}$  výkon fotovoltaického modulu.

Ve vztahu je počítáno s výkonem modulu, který byl změřen metodou NOCT, protože je žádoucí, aby moduly dodávaly výkon 2200 W i za normálních provozních podmínek. Dle vztahu vyšel počet modulů roven 6,5 modulu. Což není reálné a počet byl stanoven na 7 kusů. Následovala kontrola na napětí naprázdno, měnič snese nejvyšší vstupní napětí 430 V, napětí naprázdno musí být tedy menší než tato hodnota. Napětí naprázdno bylo vypočteno ze vztahu

$$U_{nOC} = n_p \cdot U_{OC} \cdot \left[ 1 + \left( (t_0 - (t_n)) \cdot \frac{c_{UOC}}{100} \right) \right], \quad (2.5)$$

kde  $U_{nOC}$  je napětí naprázdno při určitém množství modulů,  $n_p$  představuje potřebný počet fotovoltaických modulů,  $t_0$  teplota, pro kterou byly hodnoty modulu určeny,  $t_n$  teplota, při které budou moduly provozovány a  $c_{UOC}$  teplotní součinitel napětí modulu.

Vztah uvažuje napětí naprázdno jednoho modulu, ale tentokrát získané měřením metodou STC, neboť může nastat i takový den, kdy se podmínky budou podobat těm laboratorním. Moduly navíc mají záporný teplotní koeficient napětí, to znamená, že při snižování teploty modulů jeho napětí roste. Po dosažení počtu modulů, napětí naprázdno, nejnižší provozní teploty, která byla uvažována  $-25$  °C a teplotního součinitele, bylo vypočtené napětí naprázdno 401 V. Toto napětí je nižší než maximální přípustná hodnota napětí měniče, takže může být použito sedmi modulů zapojených do série. Zkratový proud jednoho modulu je 11.28 A a provozní 10,77 A, tyto hodnoty budou stejné i pro 7 modulů, protože moduly budou zapojeny sériově.

Moduly budou umístěny na konzolách připevněných ke střeše. Střecha je orientována na jih a k jejímu osvětlení dochází od ranních hodin až do hodin večerních. Na střechu po dobu osvětlení nedopadá stín. Tato plocha byla vyhodnocena jako ideální místo pro umístění

FV modulů. Sklon střechy je průměrně 17 °, což není úplně ideální, z toho důvodu, že v zimě, pokud slunce svítí, tak prochází nízko nad obzorem, pravým opakem je léto. Aby se tyto stavy eliminovaly, je stanoven pro dané místo instalace optimální sklon modulů 38 °. Toho bude docíleno pomocí nosné konstrukce.

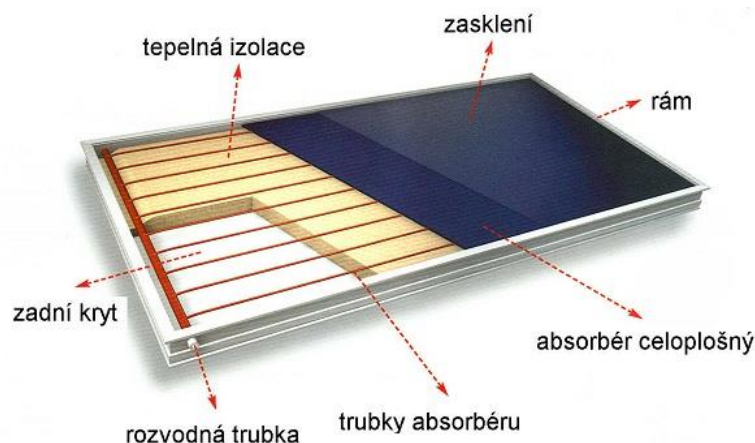
## **2.3 Fototermický systém**

Fototermický systém využívá úplně jiných principů než systém fotovoltaický. Zatímco fotovoltaické moduly sluneční energii přeměňují v energii elektrickou, která musí být pomocí jiného zařízení přeměněna na energii tepelnou, fototermické moduly přímo transformují energii slunečního záření na teplo. Získané teplo je následně přenášeno pomocí teplotnosné látky, většinou do zásobníku tepla či k dalšímu užití.

Oblast aplikace fototermických kolektorů je rozsáhlá. Lze je nalézt jak v nízkoteplotních systémech, jako například zařízení pro ohřev vody v rodinných domech, až po systémy pracující s vysokými teplotami v solárních elektrárnách. Podle užití se budou výrazněji konstrukčně lišit požitě kolektory, více o kolektorech v kapitole 2.3.1. Stejně jako kolektory se liší i teplotnosné látky. V aplikacích je užíváno od vody, nemrznoucí směsi, plyných médií, olejů až po soli [3].

### **2.3.1 Konstrukce fototermických kolektorů**

Fototermický kolektor se skládá z několika základních částí. V první řadě je to skříň kolektoru, ta slouží jako nosný prvek celého kolektoru. Ve skříni je umístěn samotný absorbér. To je ta nejpodstatnější část fototermického kolektoru, zde dochází k transformaci sluneční energie v energii tepelnou a následné předání tepla do teplotnosné látky. Absorbér je ve skříni přikryt sklem, které zaručí průnik slunečních paprsků k absorbérovi, a zároveň plní ochrannou funkci, aby se k absorbérovi nedostalo nic jiné než již zmiňované sluneční záření. Samozřejmě, že ne všechno sluneční záření projde čelním sklem, část slunečního záření se odrazí. Bohužel tomuto nežádoucímu jevu se nelze zcela vyhnout, 20 % ztrát teplovodního kolektoru tvoří právě tyto optické ztráty. Další ztráty, které tepelný kolektor má, jsou ztráty tepelné. Tyto ztráty nejsou konstantní a závisí na teplotním spádu kolektoru. Kvůli snížení tepelných ztrát se teplovodní kolektory tepelně izolují.



Obrázek 2.4 Principiální nákres teplovodního kolektoru [7]

Fototermické kolektory lze rozdělit do několika skupin. Následující dělení bude provedeno dle typu konstrukce.

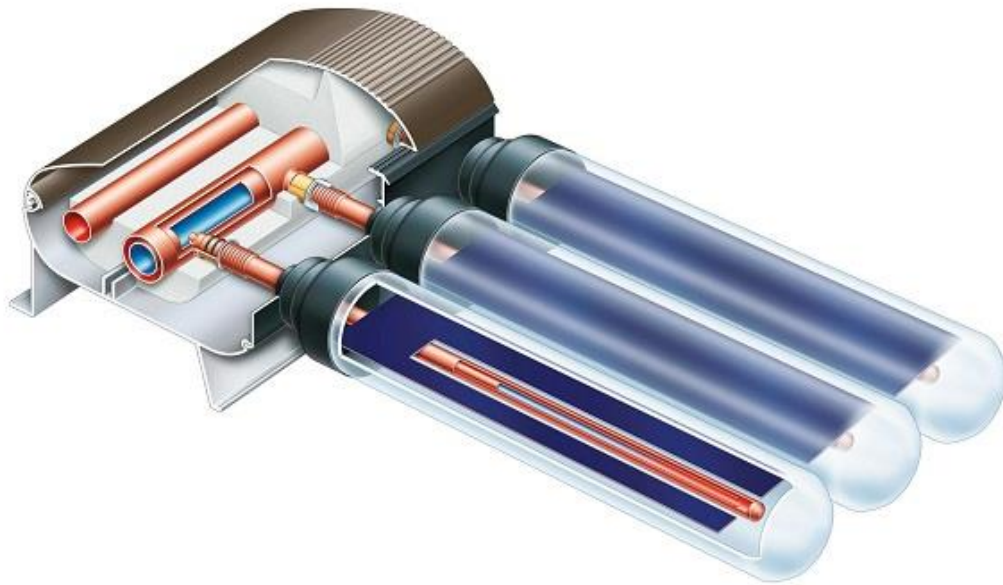
**Ploché kolektory** lze ještě rozdělit podle toho, jestli je jejich součástí zasklení, či nikoliv. U nezasklených kolektorů odpadá ztráta odrazem ze zasklení, ovšem absorber není chráněn před okolními vlivy a jeho tepelné ztráty vzrostou. Tyto nezasklené kolektory mohou být vhodné pro nízkoteplotní ohřev vody pro bazény, či k předeřevu studené vody. Zpravidla jsou zhotoveny z plastu odolného proti UV záření jako je třeba polypropylen, či z odolnějšího nerezů s vysoce absorpčním nátěrem. Nevýhodu vystavení povětrnostním vlivům lze efektivně odstranit zasklením absorberu tak, aby na něj tyto vlivy nepůsobily. Absorbér tak nebude ochlazovat vlivem působení větru a podobně. Zároveň je absorber osazen v tepelně izolované skříni. Skříň bývá zrealizována pomocí celistvého výlisku, či skládána z jednotlivých profilů. Tyto kolektory jsou již vhodné pro ohřev užitkové vody v domech. Ovšem v prostoru mezi absorberem a sklem může docházet k proudění vzduchu a důsledkem toho k ochlazení a snížení účinnosti kolektoru. Tento problém nahrazením vzduchu uvnitř kolektoru mírným vakuem (od 1 do 10 kPa). Toto řešení lze aplikovat pouze s těsným řešením skříně, zpravidla zhotovené z jednoho výlisku. Nároky na vzduchotěsnost jsou velké. Musí být umožněno opětovné vytvoření vakua v kolektoru, zpravidla je instalován ventil ve skříni kolektoru. Aby ploché sklo vydrželo nápor okolního tlaku, bývá vyztuženo podpůrnými elementy [8].



Obrázek 2.5 Vakuový plošný kolektor [7]

**Vakuové trubicové kolektory** jsou obecně kolektory s válcovým zasklením, kde je prostor mezi absorbérem a zasklením tvořen vakuem o nízkém tlaku (mPa). Toto vakuum zajišťuje minimální přenos tepla mezi absorbérem a zasklením. V základu se rozlišují dvě konstrukce. Konstrukce staršího typu s jednostěnnou trubkou a plochým absorbérem a kolektory s dvojtěnnou trubkou a válcovým absorbérem. Dále lze kolektory rozdělit podle způsobu odvodu tepla. První kategorií jsou přímo protékané, kde je absorbér vodivě spojen s potrubím přímo protékaným teplotně nosnou kapalinou. Ty se provádějí jako koncentrické potrubí jako trubka v trubce, kde se vnitřní trubkou přivádí teplotně nosná kapalina do absorbérů a ve vnějším meziprostoru se kapalina ohřívá a odvádí z absorbérů. Další variantou je potrubí ve tvaru U, kde polovina smyčky teplotně nosnou látku přivádí a druhá polovina ji odvádí z absorbérů. Alternativou k přímo protékaným absorbérům jsou absorbéry s teplotně nosnou trubicí. V trubicí je uzavřena pracovní kapalina, která se ve výparníku vlivem působení slunečního záření vypařuje, pára samovolně stoupá trubicí do kondenzátorové části, kde předá své teplo teplotně nosné látce, kondenzuje a samovolně stéká zpět do výparníku. Aby byla zajištěna funkce samovolného stečení pracovní kapaliny, je třeba kolektory instalovat pod minimálním sklonem 20 až 25 °. Napojení teplotně nosné trubice je nejčastěji realizováno ve dvou provedeních, a to suché napojení a mokré napojení. U suchého napojení je kondenzátor teplotně nosné trubice uchycen v pouzdru, které je omýváno teplotně nosnou kapalinou. Kdežto u mokrého napojení je kondenzátor teplotně nosné trubice přímo omýván teplotně nosnou kapalinou. teplotně nosná trubice bývá z pravidla zhotovena z mědi [8].





Obrázek 2.6 Vakuový trubicový kolektor s koncentrickým potrubím [7]

**Koncentrační kolektory**, také soustřeďující kolektory koncentrují sluneční záření odrazem od zrcadel nebo lomem čočkami do ohniska, kde dopadá na absorbér o menší ploše, než je plocha zrcadel, či čočky. Poměrem mezi plochou přijímací plochy a absorpčního povrchu je určen stupeň koncentrace kolektoru. Dle tvaru ohniska lze rozlišit koncentrační kolektory na kolektory s lineárním a bodovým ohniskem. Kolektory s lineárním ohniskem nejčastěji reprezentují kolektor s parabolickým reflektorem. Bodové ohnisko vytváří paraboloidní reflektor. Tyto kolektory jsou většinou aplikovány s naváděním sestavy podle pohybu slunce po obloze. Použitím kolektorů s vysokým koncentračním poměrem lze dosáhnout vysokých teplot a minimálních ztrát [8].



Obrázek 2.7 Koncentrační kolektory [7]

### 2.3.2 Solární zásobník tepla

Pro efektivní provoz soustavy se zdrojem energie, který je významně závislý na takovém faktoru jako sluneční záření, je třeba získanou energii akumulovat. K akumulaci tepelných zisků z časového úseku, kdy je solární energie k dispozici, slouží zásobník tepla. Aby bylo možno maximalizovat teplotní zisky a následně je uchovat do doby, kdy bude teplo potřeba, je třeba návrhu zásobníku tepla věnovat náležitou pozornost [8].

Akumulovat tepelnou energii lze několika způsoby. Podle fyzikálních dějů je lze rozdělit do těchto kategorií:

- **Akumulace s využitím citelného tepla** je nejpoužívanější metodou akumulace tepla pro instalace v rodinných domech. Využívá se tepelné kapacity použitých látek. Akumulovaná energie závisí na rozdílu počáteční a koncové teploty dané látky.
- **Akumulace s využitím skupenského tepla** (latentního) využívá tání, tuhnutí a tepelné kapacity látky.
- **Akumulace s využitím sorpčního tepla** využívá akumulace vodní páry vázáním na povrchu tuhé látky nebo v kapalné látce.
- **Akumulace s využitím chemických reakcí** využívá vratných chemických reakcí látek, které doprovází jímání a uvolňování tepla [8].

### 2.3.3 Návrh systému

Klíčovým aspektem pro realizaci fototermického ohřevu vody v daném objektu bylo umístění nejrozměrnějšího prvku soustavy, a to akumulční nádrže. Proto v následujících řádcích bude proveden výpočet jejího objemu. Vztah, ze kterého se objem akumulční nádrže určí je

$$V_{\text{zásobníku}} = 2 \cdot n_o \cdot V_{\text{osoba}}, \quad (2.6)$$

kde  $V_{\text{zásobníku}}$  je objem zásobníku,  $n_o$  je počet osob,  $V_{\text{osoba}}$  litry teplé vody na osobu.

Potřebné vzorce pro tyto výpočty budou čerpány z knihy Obnovitelné zdroje energií [3].

Po dosazení patřičných hodnot do vzorce 2.6, by při čtyřech osobách v domácnosti a spotřebě na jednu osobu 50 litrů, bylo potřeba zásobníku o velikosti 400 litrů.

Pro určení počtu modulů, je třeba zjistit množství energie, které bude třeba vodě za rok dodat. Pro tento výpočet byl použit následující vzorec

$$Q_{tv} = 365 \cdot n_o \cdot E_{od}, \quad (2.7)$$

kde  $Q_{tv}$  je roční množství energie,  $n_o$  je počet osob a  $E_{od}$  je energie na osobu a den.

Po dosazení 4 za počet osob a 2 kWh za množství energie potřebného na osobu a den. To je energie potřebná k ohřátí 50 litrů vody z 10 °C na 45 °C. Výsledné roční množství energie potřebné k ohřevu vody je 2920 kWh. Z tohoto údaje lze vypočítat potřebnou velikost fototermických modulů. K tomu byl použit tento vzorec

$$A_{\text{kolektor}} = \frac{60\%}{30\%} \cdot \frac{Q_{tv}}{H_{\text{solar}} \cdot f_{\text{sklonu}}}, \quad (2.8)$$

kde 60 % značí míru celoročního pokrytí sluneční energií a 30 % průměrnou účinnost fototermického modulu.  $Q_{tv}$  je roční množství energie,  $H_{\text{solar}}$  roční hodnota sluneční radiace a  $f_{\text{sklonu}}$  zisk při daném sklonu modulu.

Na místě, kde je objekt umístěn je roční hodnota slunečního ozáření rovna přibližně 1090 kWh/m<sup>2</sup> (viz obrázek 2.1) a roční množství energie je známo z předchozího výpočtu. Po dosazení těchto hodnot byla výpočtová plocha kolektoru stanovena na 5,36 m<sup>2</sup>. To by znamenalo 2 až 3 běžně dostupné kolektory.

## 2.4 Shrnutí výhod a nevýhod jednotlivých systémů

Pro instalaci byl zvolen fotovoltaický systém. V jeho prospěch hrají dva aspekty. Pro instalaci akumulční nádrže fotovoltaického systému je třeba méně místa. Objekt nedisponuje vhodnými prostory pro umístění akumulční nádrže pro fototermický systém, tím pádem by tento projekt nemohl být realizován. Druhým aspektem je případná rozšiřitelnost fotovoltaického systému o výrobu a následné využití elektrické energie jako takové.

## 2.5 Použitý systém

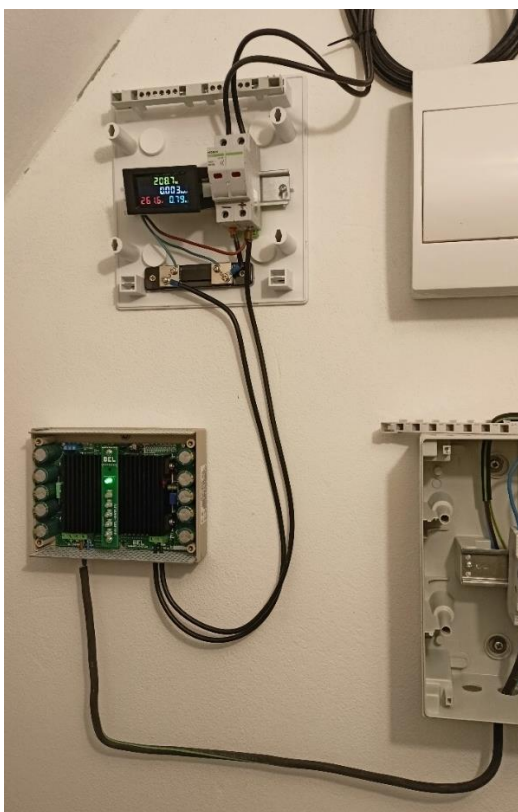
Obrázek 2.8 zachycuje již instalované fotovoltaické moduly na jižní střeše objektu. Kabeláž od fotovoltaických modulů je svedena do chodby. V chodbě je umístěn stejnosměrný a střídavý rozvaděč a také samotný měnič. Tuto sestavu je možno shlédnout na obrázku 2.10. Samotný bojler je umístěn v koupelně. Jeho obrázek spolu s napojením na rozvody teplé užitkové vody, napojení potrubí od dodatkového zdroje tepelné energie a napojení na rozvody topného okruhu je na obrázku 2.9.



Obrázek 2.8 Finální instalace FV modulů na střeše objektu



Obrázek 2.9 Instalace bojleru v koupelně



Obrázek 2.10 Instalace DC rozvaděče, měniče a AC rozvaděče

### 3. NÁVRH VYUŽITÍ PŘEBYTEČNÉ ENERGIE Z FVE

Nový fotovoltaický ohřev vody byl spuštěn na konci října roku 2022, na konci období, kdy fotovoltaická elektrárna produkuje nejvíc elektrické energie. Avšak fotovoltaický systém dokázal vyprodukovat více energie, než bylo třeba k nahřátí vody v akumulární nádrži i v zimním období, kdy je málo slunečního osvětlení. Stalo se tak ve výjimečných případech, kdy panovalo pěkné počasí.

S postupujícím jarem se četnost těchto případů zvyšovala. Od konce března se běžně stávalo, že v den, kdy panovalo pěkného počasí bylo fotovoltaickou elektrárnou vyprodukováno až o 9 kWh elektrické energie navíc. Tato energie už nemohla být využita k ohřevu užitkové vody, neboť voda v akumulární nádrži již byla nahřata na maximální možnou teplotu, kterou nastavení termostatu na bojleru umožňuje. Za účelem zjištění množství přebytečné energie byl zkonstruován a využit vytěžovací obvod, který zjistí, zda je bojler připojen k měniči a odebírá produkovanou energii. Pokud ne, k měniči se pomocí elektricky ovladatelného relé připojí, teplovzdušný konvektor. Konvektor o výkonu 2 kW zajistí spotřebu přebytečné elektrické energie a také přispěje k vytápění domu a snížení nákladů potřebných na vytápění v topné sezoně. Do obvodu je připojen i druhý měřič spotřeby elektrické energie, aby bylo možné zjistit, kolik elektrické energie navíc dokáže fotovoltaická elektrárna vyrobit. To se dá aplikovat v období, kdy je třeba dům stále vytápět. Ale s narůstajícím počtem dnů, kdy slunce svítí déle a silněji, potřeba vytápění domu mizí a nevyužitá energie je více. To vede k myšlence, jak tuto energii využít jinak než pro získávání tepla.

Elektrickou energii nespotřebovanou k ohřevu užitkové vody by šlo s patřičným technickým zařízením využít, jak již bylo zmíněno v předešlých kapitolách, k napájení některých spotřebičů v domácnosti. Využití elektrické energie by mohlo být realizováno pomocí jednofázového ostrovního systému ať s baterií, nebo bez. Spotřebiče na něj připojené by měly mít pravidelný či stálý odběr, a to hlavně přes den. Přes den kvůli tomu, aby byla využívána přímo elektrická energie vyprodukována fotovoltaickými moduly, v případě řešení bez baterie by ani jindy elektrická energie využít nešla, v případě instalace s baterií, aby nebyla nutnost zbytečně využívat energii která by byla uložena v bateriích, nebo elektrickou energii z distribuční sítě, která by doplňovala nedostatek energie z fotovoltaických modulů. Některé měniče umožňují využít energii z distribuční sítě, aniž by s ní spotřebič byl přímo propojen, to je realizováno pomocí AC-DC-AC konverze energie přes stejnosměrný meziobvod měniče. Samozřejmě, že situaci, kdy by bylo nutné využívat energii z distribuční sítě se nelze vyhnout, ale ideální je využívat co nejvíce energie dostupné ze slunce.

V následujících podkapitolách budou rozebrány různé sestavy umožňující využití přebytečné energie.

### 3.1 Varianta bez navýšeného výkonu fotovoltaických modulů

V této variantě by byl měnič BEL, nyní využívaný primárně pro napájení bojleru, nahrazen měničem Axpert King II 48V, který by již mohl napájet nejen spotřebič odporového charakteru.

#### 3.1.1 Měnič

Jako střídač by byl použit model Axpert King II 48 V o výkonu 5 kVA od značky Voltronic. Tento měnič disponuje jedním MPPT trackerem, který má provozní rozsah 120 až 450 V stejnosměrných a maximální napětí naprázdno nesmí překročit 500 V stejnosměrných. Maximální proud MPPT trackeru je 100 A stejnosměrných a maximální výkon připojených fotovoltaických modulů může dosahovat 6000 W. MPPT tracker moduluje napětí fotovoltaických panelů na 450 V stejnosměrných. To je napětí společného stejnosměrného meziobvodu, na který jsou připojeny další prvky měniče. Jmenovitě to jsou nabíječka, střídač a DC/DC měnič pro nabíjení a chod měniče z baterie. Tento měnič disponuje funkcí dvojité AC/DC/AC konverze. To umožňuje současné napájení spotřebičů energií z fotovoltaických modulů a distribuční sítě. Energie je převáděna přes DC meziobvod, bez nutnosti galvanického propojení spotřebiče se sítí, tudíž nedochází k přetokům energie do sítě. O usměrnění AC proudu se stará AC/DC konvertor. Střídač se stará o převod potřebné energie dostupné ze všech tří možných zdrojů, z fotovoltaických modulů, z baterie a ze záložního zdroje. Funkci záložního zdroje může plnit distribuční síť. Měnič také disponuje bypass kontaktem, který funguje jako přepínač, buď napájí zátěž ze střídače, nebo v případě přetížení měniče přímo z veřejné sítě, ale nikdy současně. Vnitřní zapojení měniče je možno shlédnout na obrázku 3.1.

#### 3.1.2 Fotovoltaické moduly

Měnič může být připojen na již existující větev sedmi fotovoltaických modulů, jež svými parametry nepřesáhne proudový, napěťový ani výkonnostní limit. Parametry již instalované větve jsou uvedeny v tabulce 3.1.

Tabulka 3.1 Parametry jedné větve fotovoltaických modulů sestávající se ze sedmi modulů

| Jedna větev po sedmi modulech |       |
|-------------------------------|-------|
| $P_{STC}$ [W]                 | 3150  |
| $U_{OC}$ [V]                  | 351,4 |
| $U_{pmax}$ [V]                | 292,6 |
| $I_{sc}$ [A]                  | 11,28 |
| $I_{pmax}$ [A]                | 10,77 |

### 3.1.3 Baterie

K měniči lze připojit baterie o nominálním napětí 48 V. Měnič disponuje ochranou proti přebytku baterie. Velikost napětí, při kterém měnič vypíná nabíjení je 62 V. Nabíjecí napětí měniče je 54 V DC. Baterie by měla kapacitu 3,5 kWh

## 3.2 Varianta s navýšeným výkonem fotovoltaických modulů

V této variantě by došlo ke změně počtu panelů a přidání paralelní větve k již instalované větvi.

### 3.2.1 Měnič

V této variantě by byl také instalován měnič Axpert King II 48 V o výkonu 5 kVA od značky Voltronic.

### 3.2.2 Fotovoltaické moduly

V této variantě by došlo k úpravě zapojení fotovoltaických modulů. Instalace by byla doplněna o druhou paralelní větev. Každá větev by sestávala z šesti modulů. Snížení počtu modulů v jedné větvi by bylo nutné, kvůli špičkovému výkonu, ten by v případě, kdy by bylo počítáno se sedmi panely v jedné větvi dosáhl 6,3 kWp. A to je o 300 Wp více než maximální přípustná hodnota výkonu MPPT trackeru. Napěťový ani proudový rozsah by nebyl překročen. Při instalaci druhé větve by bylo dosaženo vyššího výkonu a tím pádem i vyššího množství vygenerované elektrické energie. Při instalaci fotovoltaických panelů na volnou část střechy by bylo možné obě větve připojit na jeden MPPT tracker, neboť by byl zajištěn rovnoměrný osvit obou polí. Obě pole by pracovala při podobných podmínkách a nebylo by nutné sledovat pracovní bod jednotlivých polí zvlášť. Parametry fotovoltaického generátoru jsou uvedeny v tabulce 3.2.

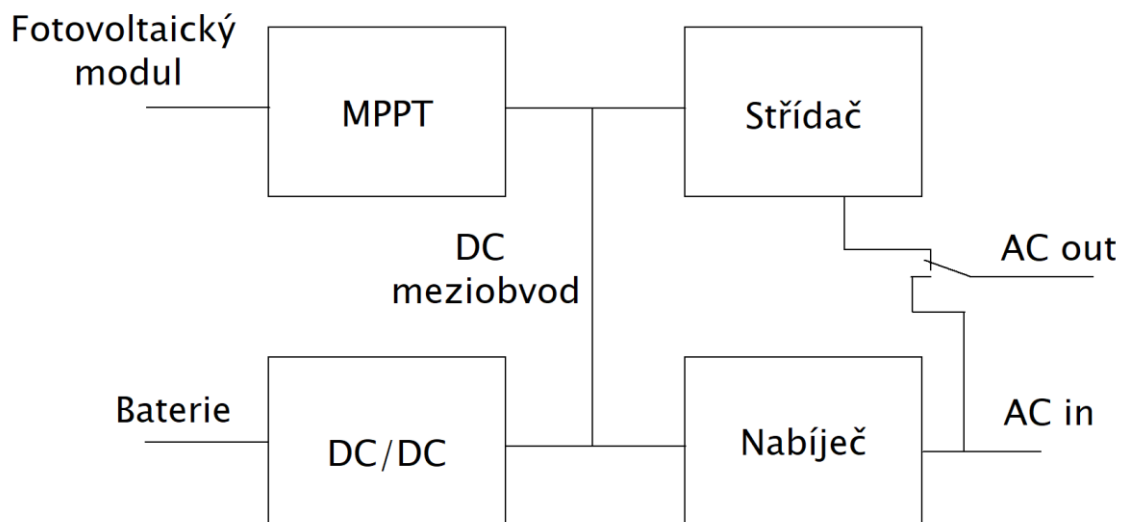
Tabulka 3.2 Parametry dvou větví fotovoltaických modulů sestávajících se ze šesti modulů

| Dvě větve po šesti modulech |       |
|-----------------------------|-------|
| $P_{STC}$ [W]               | 5400  |
| $U_{OC}$ [V]                | 301,2 |
| $U_{pmax}$ [V]              | 250,8 |
| $I_{sc}$ [A]                | 22,56 |
| $I_{pmax}$ [A]              | 21,54 |



### 3.2.3 Baterie

Jelikož je uvažováno užití stejného měniče jako v předchozí variantě. Byla by použita baterie o kapacitě 10 kWh.



Obrázek 3.1 Vnitřní zapojení měniče Axpert King II 48 V

## 4. EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ NÁKLADŮ, NÁVRATNOSTI A ÚSPOR

V této části bude podrobněji rozebrána ekonomická část tohoto projektu. Mezi sebou budou navzájem porovnány návrhy jednotlivých verzí fotovoltaického systému. V tabulce 4.13 jsou uvedeny výsledky jednotlivých ekonomických zhodnocení a porovnání dosažených výsledků.

V ekonomickém zhodnocení jednotlivých variant nebude uvažováno s variantou využívající fototermický ohřev užitkové vody. Tuto variantu by nebylo možné v daném objektu rozumně realizovat, tudíž nedává smysl se ní nadále zabývat. Pro lepší orientaci v jednotlivých variantách zde budou uvedeny ty, u kterých bude provedeno ekonomické zhodnocení. První varianta je fotovoltaický systém bez dodatkového zdroje tepelné energie. Druhá a současně instalovaná varianta je kompletní instalace s instalovaným dodatkovým zdrojem tepelné energie. Současně je návrh této varianty podrobněji popsán v kapitole 2. Třetí varianta je kompletní instalace s využitím přebytků energie. A čtvrtá varianta je kompletní instalace s navýšeným instalovaným výkonem.

### 4.1 Fotovoltaický systém bez dodatkového zdroje tepelné energie

#### 4.1.1 Náklady na vybudování

Rozpis nákladů na zbudování fotovoltaického systému zabezpečující ohřev užitkové vody bez nově instalovaného dodatečného zdroje tepelné energie je v tabulce 4.1. Náklady zahrnují pouze cenu materiálu a jednotlivých komponent, nejsou zahrnuty náklady za práci. Detailní rozpis nákladů lze nalézt v příloze A.1.

Tabulka 4.1 Přehled nákladů na fotovoltaický systém ohřevu užitkové vody

| Rozpočet pro instalaci bez záložního zdroje tepelné energie |                     |
|---|---------------------|
| Název   | Cena celkem         |
| <b>ELEKTRICKÁ ČÁST</b>                                      |                     |
| Střešní instalace   | 32 514,00 Kč        |
| DC rozvaděč   | 3 556,26 Kč         |
| Měnič   | 5 600,00 Kč         |
| AC rozvaděč   | 1 584,00 Kč         |
| Kabely  | 1 755,00 Kč         |
| <b>ELEKTRICKÁ ČÁST - CELEKM</b>                             | <b>45 009,26 Kč</b> |
| <b>VODOINSTALACE</b>  |                     |
| Zařízení pro ohřev a rozvod pitné vody                      | 14 322,40 Kč        |
| <b>VODOINSTALACE -CELKEM</b>                                | <b>14 322,40 Kč</b> |
| <b>Celkem</b>   | <b>59 331,66 Kč</b> |

#### 4.1.2 Zhodnocení investice fotovoltaického systému bez dodatkového zdroje tepelné energie

V tomto případě bude při slunečném počasí užitková voda ohřívána elektrickou energií z fotovoltaických modulů. V případě, že množství vyprodukované elektrické energie nebude stačit na ohřev patřičného množství vody, tak užitková voda bude dohřívána průtokovým ohřivačem spalující zemní plyn.

Tak jako v přehledu nákladů, tak ani ve zhodnocení investice nejsou započítány náklady za práci. Rovněž nebude počítáno se snížením výkonu fotovoltaických modulů v průběhu let. Cena plynu je převzata z aktuálního ceníku společnosti Innogy účtované dle ceníku produktové řady plyn Standard v sazbě topím nad 7560 do 15 000 kWh/rok [9].

Průměrné množství spotřebovaného plynu na ohřev užitkové vody je vypočten jako průměr spotřeby plynu za předchozí léta mimo topnou sezónu. Množství vyprodukované elektrické energie fotovoltaickou elektrárnou za rok bylo zjištěno pomocí simulačního programu PVgis Online tool a předpokladu, že pro ohřev užitkové vody bude využito 75 % vyprodukované elektrické energie. Neboť fotovoltaický systém je zatím v provozu sedm měsíců, nemohlo být vycházeno ze skutečné výroby a spotřeby elektrické energie pro ohřev užitkové vody již instalovanou fotovoltaickou elektrárnou [10].

Pro základní přepočtení energie uložené v jednom metru krychlovém plynu byl použit koeficient, jehož hodnota je  $10,69 \text{ kWh} = 1 \text{ m}^3$  [11].

Tabulka 4.2 Určení ročního zisku důsledkem změny systému ohřevu TUV

|   |              |
|---|--------------|
| Cena systému  | 59 331,66 Kč |
| Cena plynu [Kč/kWh]   | 3,30 Kč      |
| Průměrné množství spotřebovaného plynu na ohřev TUV za měsíc [ $\text{m}^3$ ] | 33,8         |
| Množství vyprodukované elektrické energie FVE systémem za rok [kWh]           | 2557,93      |
| Množství energie potřebné k ohřevu vody plynem původně [kWh]                  | 4335,86      |
| Množství energie potřebné k ohřevu vody plynem s FVE [kWh]                    | 1777,93      |
| Množství odebraného plynu k doplnění ohřevu TUV [ $\text{m}^3$ ]              | 166,32       |
| Náklady na ohřev TUV pomocí plynu bez FVE                                     | 14 308,35 Kč |
| Náklady na ohřev TUV pomocí plynu s FVE                                       | 5 867,18 Kč  |
| Uspořená částka za ohřev TUV  | 8 441,17 Kč  |

Ekonomické zhodnocení investice na systém ohřevu TUV bude posuzován dle metod současné čisté hodnoty, kde budou porovnávány náklady na zbudování tohoto systému vůči diskontní míře, kterou nabízí běžný spořicí účet v současné době a to 5 %. Systém bude hodnocen v průběhu dvaceti let. Dále bude použito prosté návratnosti a metodu diskontované návratnosti a metody indexu ziskovosti. Dosažené výsledky těchto metod jsou uvedeny v tabulce 4.3.

Tabulka 4.3 Vyhodnocení investice fotovoltaického systému ohřevu TUV

| Rok [-]                    | Zisk [Kč]   | Zisk diskontovaný [Kč] | Návratnost diskontovaná [Kč] |
|----------------------------|-------------|------------------------|------------------------------|
| 0                          |             |                        | -59 331,66 Kč                |
| 1                          | 8 441,17 Kč | 8 039,21 Kč            | -51 292,45 Kč                |
| 2                          | 8 441,17 Kč | 7 656,39 Kč            | -43 636,06 Kč                |
| 3                          | 8 441,17 Kč | 7 291,80 Kč            | -36 344,26 Kč                |
| 4                          | 8 441,17 Kč | 6 944,57 Kč            | -29 399,69 Kč                |
| 5                          | 8 441,17 Kč | 6 613,88 Kč            | -22 785,82 Kč                |
| 6                          | 8 441,17 Kč | 6 298,93 Kč            | -16 486,89 Kč                |
| 7                          | 8 441,17 Kč | 5 998,98 Kč            | -10 487,90 Kč                |
| 8                          | 8 441,17 Kč | 5 713,32 Kč            | -4 774,59 Kč                 |
| 9                          | 8 441,17 Kč | 5 441,25 Kč            | 666,66 Kč                    |
| 10                         | 8 441,17 Kč | 5 182,15 Kč            | 5 848,81 Kč                  |
| 11                         | 8 441,17 Kč | 4 935,38 Kč            | 10 784,19 Kč                 |
| 12                         | 8 441,17 Kč | 4 700,36 Kč            | 15 484,54 Kč                 |
| 13                         | 8 441,17 Kč | 4 476,53 Kč            | 19 961,08 Kč                 |
| 14                         | 8 441,17 Kč | 4 263,36 Kč            | 24 224,44 Kč                 |
| 15                         | 8 441,17 Kč | 4 060,35 Kč            | 28 284,79 Kč                 |
| 16                         | 8 441,17 Kč | 3 867,00 Kč            | 32 151,78 Kč                 |
| 17                         | 8 441,17 Kč | 3 682,85 Kč            | 35 834,64 Kč                 |
| 18                         | 8 441,17 Kč | 3 507,48 Kč            | 39 342,12 Kč                 |
| 19                         | 8 441,17 Kč | 3 340,46 Kč            | 42 682,58 Kč                 |
| 20                         | 8 441,17 Kč | 3 181,39 Kč            | 45 863,96 Kč                 |
| Čistá současná hodnota     |             |                        | 45 863,96 Kč                 |
| Návratnost prostá [let]    |             |                        | 7,03                         |
| Návratnost diskontní [let] |             |                        | 9,00                         |
| Index ziskovosti           |             |                        | 1,77                         |

V následujících řádcích budou ukázky výpočtů pro první rok. Diskontovaný zisk byl vypočítán pomocí následujícího vztahu

$$PV = \frac{R}{(1+r)^t} = \frac{8441,17}{(1+0,05)^1} = 8039,21 \text{ Kč} \quad (4.1)$$

kde  $PV$  je současná hodnota,  $R$  očekávaná částka v budoucnosti,  $r$  diskontní sazba a  $t$  je daný rok [12].

Ekonomický ukazatel výhodnosti investice zahrnuje výpočet čisté současné hodnoty. Ta byla vypočtena pomocí vzorce

$$NPV = \sum_{t=0}^t ZD - PI = 105195,62 - 59331,66 = 45863,96 \text{ Kč} \quad (4.2)$$

kde  $NPV$  je čistá současná hodnota,  $ZD$  je diskontovaný zisk a  $PI$  je počáteční investice.

Prostá doba návratnosti se vypočte dle následujícího vztahu

$$T_s = \frac{PI}{RU} = \frac{59331,66}{8441,17} = 7,03 \text{ let} \quad (4.3)$$

kde  $T_s$  je prostá doba návratnosti,  $PI$  je počáteční investice a  $RU$  je roční úspora nákladů [13].

Diskontní doba návratnosti počítá i se změnou hodnoty peněz, proto je pro výpočet návratnosti vhodnější. Diskontní dobu návratnosti vypočteme pomocí následujícího vztahu

$$\sum_{t=1}^{T_{sd}} \frac{RU}{(1+r)^t} - PI = 0 \quad (4.4)$$

kde  $T_{sd}$  je doba návratnosti,  $RU$  je roční úspora nákladů,  $r$  je diskontní sazba,  $t$  je daný rok a  $PI$  je počáteční investice [13].

Jako poslední hodnotící ukazatel bude uveden index ziskovosti. Ten bude vypočítán dle následujícího vztahu

$$PIZ = \frac{\sum_{t=0}^t \frac{RU}{(1+r)^t}}{PI} = \frac{105195,62}{59331,66} = 1,77 \quad (4.5)$$

kde  $PIZ$  je index ziskovosti,  $RU$  je roční úspora nákladů,  $r$  je diskontní sazba,  $t$  je daný rok a  $PI$  je počáteční investice [14].

Na základě dosažených výsledků lze říct, že investice do fotovoltaického systému ohřevu užitkové vody bez dodatečného zdroje tepelné energie je výhodná. Všechny výsledky vyšly kladně. Čistá současná hodnota po dvaceti letech je 45 863,96 Kč. Dle prosté návratnosti by se finanční prostředky vynaložené na koupi tohoto systému vrátí po sedmém roku. Prostá návratnost se hodí pouze k orientačnímu posouzení. K přesnějšímu určení návratnosti se používá diskontní návratnost. V tomto případě se investice vrátí v průběhu roku devátého. Investice se vyplatí i z hlediska indexu ziskovosti, ten má v tomto případě hodnotu 1,77.

## 4.2 Kompletní instalace s instalovaným dodatkovým zdrojem tepelné energie

### 4.2.1 Náklady na vybudování kompletního systému vytápění a ohřevu TUV

Rozpis nákladů na zbudování kompletního systému zabezpečující ohřev užitkové vody a vytápění domu je v tabulce 4.4. Náklady zahrnují pouze cenu materiálu a jednotlivých komponent, nejsou zahrnuty náklady za práci. Detailní rozpis nákladů lze nalézt v příloze A.2.

Tabulka 4.4 Přehled nákladů na kompletní systém vytápění a ohřevu TUV

| Rozpočet pro instalaci se záložním zdrojem tepelné energie |                      |
|--|----------------------|
| Název  | Cena celkem          |
| <b>ELEKTRICKÁ ČÁST</b>                                     |                      |
| Střešní instalace  | 32 514,00 Kč         |
| DC rozvaděč  | 3 556,26 Kč          |
| Měnič  | 5 600,00 Kč          |
| AC rozvaděč  | 1 584,00 Kč          |
| Kabely   | 1 755,00 Kč          |
| <b>ELEKTRICKÁ ČÁST – CELEKM</b>                            | <b>45 009,26 Kč</b>  |
| <b>VODOINSTALACE</b>                                       |                      |
| Zařízení pro ohřev a rozvod pitné vody                     | 14 599,70 Kč         |
| Zařízení pro ohřev a rozvod topné vody                     | 97 015,60 Kč         |
| <b>VODOINSTALACE – CELKEM</b>                              | <b>111 615,30 Kč</b> |
| <b>ZEDNICKÉ PRÁCE</b>                                      | <b>4 375,00 Kč</b>   |
| <b>Celkem</b>  | <b>160 999,56 Kč</b> |

### 4.2.2 Zhodnocení investice kompletního systému vytápění a ohřevu TUV

V této variantě bude potřebná užitková voda ohřívána elektrickou energií z fotovoltaických modulů. V případě nedostatku solární energie bude voda ohřívána sporákem na tuhá paliva s teplovodním výměníkem. Jelikož je sporák připojen i do okruhu, který zabezpečuje vytápění domu, plynový kotel již není potřeba. K instalaci ovšem zůstal připojen jako záloha. Tak jako v přehledu nákladů, tak ani ve zhodnocení investice nejsou započítány náklady za práci. Rovněž nebude počítáno se snížením výkonu fotovoltaických modulů v průběhu let.

Tabulka 4.5 Určení ročního zisku důsledkem změny systému vytápění a ohřevu TUV

|   |               |
|---|---------------|
| Cena systému  | 160 999,56 Kč |
| <b>Původní instalace</b>  |               |
| Cena plynu [Kč/kWh]   | 3,30 Kč       |
| Průměrné množství spotřebovaného plynu za rok [m <sup>3</sup> ]     | 642           |
| Cena dřeva [Kč/m <sup>3</sup> ]                                     | 800,00 Kč     |
| Spotřeba dřeva ročně [prmr]   | 4,00          |
| <b>Nová instalace</b>   |               |
| Spotřeba dřeva ročně [prmr]   | 9,00          |
| Množství vyprodukované elektrické energie FVE systémem za rok [kwh] | 2557,93       |
| Původní náklady na vytápění a ohřev TUV                             | 25 847,83 Kč  |
| Současné náklady na vytápění a ohřev TUV                            | 7 200,00 Kč   |
| Uspořená částka za vytápění a ohřev TUV                             | 18 647,83 Kč  |

Cena plynu je převzata z aktuálního ceníku společnosti Innogy účtované dle ceníku produktové řady plyn Standard v sazbě topím nad 7560 do 15 000 kWh/rok [9].

Pro základní přepočítání energie uložené v jednom metru krychlovém plynu byl použit koeficient, jehož hodnota je  $10,69 \text{ kWh} = 1 \text{ m}^3$  [11].

Průměrné množství spotřebovaného plynu vychází z dlouhodobé spotřeby plynu v domě a vychází z tabulky 1.1. Dřevo bylo využíváno k vytápění domu i v minulosti, ovšem pouze v krbové vložce bez vodního výměníku, tudíž vytápění bylo zabezpečováno pouze pomocí teplého vzduchu a ohřev TUV nebyl možný. Při výpočtu uspořené částky za vytápění a ohřev TUV se vychází z předpokladu, že spotřeba plynu se plně nahradí fotovoltaickou energií a spotřebu, kterou nedokáže fotovoltaická energie pokrýt doplní teplovodní sporák. Nová instalace má za sebou úspěšně první topnou sezonu, tudíž při spotřebě dřeva lze vycházet z již reálných dat.

To se ovšem v případě solární energie říct nedá. Stále nebyl ukončen roční cyklus pro získání všech potřebných dat, a proto je opět jako v kapitole 4.1.2 vycházeno ze simulačního programu PVgis Online tool [10].

Data potřebné pro výpočet úspory po instalaci kompletního systému lze nalézt v tabulce 4.5.

Ekonomické zhodnocení investice kompletního systému ohřevu TUV a vytápění bude posuzován obdobně, jako kapitole 4.1.2 a to dle metod současné čisté hodnoty, kde budou porovnávány náklady na zbudování tohoto systému vůči diskontní míře, kterou nabízí běžný spořicí účet v současné době a to 5 %. Systém bude hodnocen v průběhu dvaceti let. Dále bude použito prosté návratnosti a metodu diskontované návratnosti a metody indexu ziskovosti. Dosažené výsledky těchto metod jsou uvedeny v tabulce 4.6.

Tabulka 4.6 Vyhodnocení investice kompletního systému vytápění domu a ohřevu TUV

| Rok                         | Zisk [Kč]    | Zisk diskontovaný [Kč] | Návratnost diskontovaná [Kč] |
|-----------------------------|--------------|------------------------|------------------------------|
| 0                           |              |                        | -160 999,56 Kč               |
| 1                           | 18 647,83 Kč | 17 759,84 Kč           | -143 239,72 Kč               |
| 2                           | 18 647,83 Kč | 16 914,14 Kč           | -126 325,58 Kč               |
| 3                           | 18 647,83 Kč | 16 108,70 Kč           | -110 216,88 Kč               |
| 4                           | 18 647,83 Kč | 15 341,62 Kč           | -94 875,26 Kč                |
| 5                           | 18 647,83 Kč | 14 611,07 Kč           | -80 264,20 Kč                |
| 6                           | 18 647,83 Kč | 13 915,30 Kč           | -66 348,90 Kč                |
| 7                           | 18 647,83 Kč | 13 252,67 Kč           | -53 096,23 Kč                |
| 8                           | 18 647,83 Kč | 12 621,59 Kč           | -40 474,64 Kč                |
| 9                           | 18 647,83 Kč | 12 020,56 Kč           | -28 454,08 Kč                |
| 10                          | 18 647,83 Kč | 11 448,15 Kč           | -17 005,93 Kč                |
| 11                          | 18 647,83 Kč | 10 903,00 Kč           | -6 102,93 Kč                 |
| 12                          | 18 647,83 Kč | 10 383,81 Kč           | 4 280,89 Kč                  |
| 13                          | 18 647,83 Kč | 9 889,34 Kč            | 14 170,23 Kč                 |
| 14                          | 18 647,83 Kč | 9 418,42 Kč            | 23 588,65 Kč                 |
| 15                          | 18 647,83 Kč | 8 969,93 Kč            | 32 558,58 Kč                 |
| 16                          | 18 647,83 Kč | 8 542,79 Kč            | 41 101,37 Kč                 |
| 17                          | 18 647,83 Kč | 8 135,99 Kč            | 49 237,36 Kč                 |
| 18                          | 18 647,83 Kč | 7 748,56 Kč            | 56 985,92 Kč                 |
| 19                          | 18 647,83 Kč | 7 379,58 Kč            | 64 365,50 Kč                 |
| 20                          | 18 647,83 Kč | 7 028,17 Kč            | 71 393,67 Kč                 |
| Čistá současná hodnota [Kč] |              |                        | 71393,67 Kč                  |
| Návratnost prostá [let]     |              |                        | 8,63                         |
| Návratnost diskontní [let]  |              |                        | 12,00                        |
| Index ziskovosti            |              |                        | 1,44                         |

Na základě dosažených výsledků lze říct, že investice do kompletního systému vytápění a ohřevu užitkové vody bez dodatečného zdroje tepelné energie je výhodná. Všechny výsledky vyšly kladně. Čistá současná hodnota po dvaceti letech je 71393,67 Kč. Dle prosté návratnosti by se finanční prostředky vynaložené na koupi tohoto systému vrátí po osmi a půl letech. Prostá návratnost se hodí pouze k orientačnímu posouzení. K přesnějšímu určení návratnosti se používá diskontní návratnost. V tomto případě se investice vrátí v průběhu roku dvanáctého. Investice se vyplatí i z hlediska indexu ziskovosti, ten má v tomto případě hodnotu 1,44.



## 4.3 Kompletní instalace s využitím přebytků energie

### 4.3.1 Náklady na vybudování kompletní instalace s využitím přebytků energie

Rozpis nákladů na zbudování kompletního systému zabezpečující ohřev užitkové vody a vytápění domu a také podíl spotřeby elektrické energie je v tabulce 4.7. Náklady zahrnují pouze cenu materiálu a jednotlivých komponent, nejsou zahrnuty náklady za práci. Detailní rozpis nákladů lze nalézt v příloze A.3.

Tabulka 4.7 Přehled nákladů na kompletní instalaci s využitím přebytků energie

| Rozpočet pro kompletní instalaci s měničem a baterií |                      |
|--|----------------------|
| Název  | Cena celkem          |
| <b>ELEKTRICKÁ ČÁST</b>                               |                      |
| Střešní instalace                                    | 32 514,00 Kč         |
| DC rozvaděč  | 3 556,26 Kč          |
| Měnič  | 72 000,00 Kč         |
| AC rozvaděč  | 1 584,00 Kč          |
| Kabely   | 1 755,00 Kč          |
| <b>ELEKTRICKÁ ČÁST - CELEKM</b>                      | <b>111 409,26 Kč</b> |
| <b>VODOINSTALACE</b>                                 |                      |
| Zařízení pro ohřev a rozvod pitné vody               | 14 599,70 Kč         |
| Zařízení pro ohřev a rozvod topné vody               | 97 015,60 Kč         |
| <b>VODOINSTALACE - CELKEM</b>                        | <b>111 615,30 Kč</b> |
| <b>ZEDNICKÉ PRÁCE</b>                                |                      |
| <b>ZEDNICKÉ PRÁCE - CELKEM</b>                       | <b>4 375,00 Kč</b>   |
| <b>Celkem</b>  | <b>227 399,56 Kč</b> |

### 4.3.2 Zhodnocení investice kompletní instalace s využitím přebytků energie

Rovněž jako v předchozí variantě i zde bude užitková voda primárně ohřívána elektrickou energií z fotovoltaických modulů. V případě nedostatku solární energie bude voda ohřívána sporákem na tuhá paliva s teplovodním výměníkem. Sporák zabezpečuje i vytápění domu, plynový kotel již není potřeba. K instalaci ovšem zůstal připojen jako záloha. Tak jako v přehledu nákladů, tak ani ve zhodnocení investice nejsou započítány náklady za práci. Rovněž nebude počítáno se snížením výkonu fotovoltaických modulů v průběhu let.

Spotřeba a cena plynu rovněž vycházejí ze stejných podkladů jako v předchozí variantě. Rovněž tomu je i se spotřebou a využitím palivového dřeva. Rozdíl je v tom, že v instalaci bude použito odlišného měniče, který dovoluje napájet i jinou než odporovou zátěž. Instalace bude obsahovat i baterii, která umožní ukládat přebytečnou energii nevyužitou k ohřevu užitkové vody. Při určení množství nevyužité energie bylo vycházeno z probíhajícího měření na aktuálně instalovaném systému a následné predikce, jak by se generování přebytků mohlo vyvíjet. Více o měření přebytků z výroby FVE v kapitole 3.

Tabulka 4.8 Určení ročního zisku důsledkem změny systému vytápění, ohřevu TUV a využitím přebytků energie

|   |               |
|---|---------------|
| Cena systému  | 227 399,56 Kč |
| <b>Původní instalace</b>  |               |
| Cena plynu [Kč/kWh]   | 3,30 Kč       |
| Průměrné množství spotřebovaného plynu za rok [m <sup>3</sup> ] | 642           |
| Cena dřeva [Kč/m <sup>3</sup> ]                                 | 800,00 Kč     |
| Spotřeba dřeva ročně [prmr]                                     | 4,00          |
| <b>Nová instalace</b>   |               |
| Spotřeba dřeva ročně [prmr]                                     | 9,00          |
| Množství nevyužité elektrické energie FVE systémem za rok [kWh] | 300,00        |
| Cena elektrické energie [Kč/kWh]                                | 6,98 Kč       |
| Původní náklady na vytápění a ohřev TUV                         | 25 847,83 Kč  |
| Současné náklady na vytápění a ohřev TUV                        | 7 200,00 Kč   |
| Uspořená částka za ohřev TUV                                    | 18 647,83 Kč  |
| Uspořená částka za elektřinu                                    | 2 094,00 Kč   |
| Celkově uspořená suma   | 20 741,83 Kč  |

Dosažené výsledky lze nalézt v tabulce 4.9. Ač všechny výsledky vyšly kladně, generované přebytky by musely být vyšší, než s jakými počítá toto vyhodnocení, aby se investice do měniče a baterií stala finančně zajímavou. Čistá současná hodnota po dvaceti letech je 31089,54 Kč. Dle prosté návratnosti by se finanční prostředky vynaložené na koupi tohoto systému vrátili po téměř jedenácti letech. A dle diskontní návratnosti by se počáteční investice vrátila až v průběhu sedmnáctého roku. Index ziskovosti je roven 1,14.

Tabulka 4.9 Vyhodnocení investice kompletního systému vytápění domu, ohřevu TUV a využitím přebytků energie

| Rok                         | Zisk [Kč]    | Zisk diskontovaný [Kč] | Návratnost diskontovaná [Kč] |
|-----------------------------|--------------|------------------------|------------------------------|
| 0                           |              |                        | -227 399,56 Kč               |
| 1                           | 20 741,83 Kč | 19 754,13 Kč           | -207 645,43 Kč               |
| 2                           | 20 741,83 Kč | 18 813,45 Kč           | -188 831,98 Kč               |
| 3                           | 20 741,83 Kč | 17 917,58 Kč           | -170 914,40 Kč               |
| 4                           | 20 741,83 Kč | 17 064,36 Kč           | -153 850,04 Kč               |
| 5                           | 20 741,83 Kč | 16 251,77 Kč           | -137 598,27 Kč               |
| 6                           | 20 741,83 Kč | 15 477,88 Kč           | -122 120,40 Kč               |
| 7                           | 20 741,83 Kč | 14 740,83 Kč           | -107 379,56 Kč               |
| 8                           | 20 741,83 Kč | 14 038,89 Kč           | -93 340,67 Kč                |
| 9                           | 20 741,83 Kč | 13 370,37 Kč           | -79 970,30 Kč                |
| 10                          | 20 741,83 Kč | 12 733,69 Kč           | -67 236,62 Kč                |
| 11                          | 20 741,83 Kč | 12 127,32 Kč           | -55 109,30 Kč                |
| 12                          | 20 741,83 Kč | 11 549,83 Kč           | -43 559,47 Kč                |
| 13                          | 20 741,83 Kč | 10 999,84 Kč           | -32 559,63 Kč                |
| 14                          | 20 741,83 Kč | 10 476,04 Kč           | -22 083,59 Kč                |
| 15                          | 20 741,83 Kč | 9 977,18 Kč            | -12 106,42 Kč                |
| 16                          | 20 741,83 Kč | 9 502,07 Kč            | -2 604,34 Kč                 |
| 17                          | 20 741,83 Kč | 9 049,59 Kč            | 6 445,25 Kč                  |
| 18                          | 20 741,83 Kč | 8 618,66 Kč            | 15 063,91 Kč                 |
| 19                          | 20 741,83 Kč | 8 208,25 Kč            | 23 272,16 Kč                 |
| 20                          | 20 741,83 Kč | 7 817,38 Kč            | 31 089,54 Kč                 |
| Čistá současná hodnota [Kč] |              |                        | 31 089,54 Kč                 |
| Návratnost prostá [let]     |              |                        | 10,96                        |
| Návratnost diskontní [let]  |              |                        | 17,00                        |
| Index ziskovosti            |              |                        | 1,14                         |

#### 4.4 Kompletní instalace s navýšením instalovaného výkonu

Ve čtvrté a poslední variantě bude rozebrána možnost navýšení instalovaného výkonu fotovoltaických modulů. To by umožnilo pokrýt většinu spotřeby elektrické energie v domě. Tato varianta by vyžadovala rozšíření střešní instalace o 5 fotovoltaických modulů, změnu střídače a dokoupení baterií. Více informací o tomto rozšíření lze získat ve kapitole číslo 3.

#### 4.4.1 Náklady na vybudování kompletní instalace s navýšením instalovaného výkonu

Rozpis nákladů na zbudování kompletního systému s navýšeným instalovaným výkonem zabezpečující ohřev užitkové vody, vytápění domu a také většinový podíl spotřeby elektrické energie lze nalézt v tabulce 4.10. Náklady zahrnují pouze cenu materiálů a jednotlivých komponent, nejsou zahrnuty náklady za práci. Detailní rozpis nákladů lze nalézt v příloze A.4. Detailní rozpis nákladů na rozvod pitné a topné vody je stejný jako v příloze A.2 a A.3.

Tabulka 4.10 Přehled nákladů na kompletní instalaci s navýšením instalovaného výkonu

| Rozpočet pro realizaci s navýšeným počtem panelů |                      |
|--|----------------------|
| Název  | Cena celkem          |
| <b>ELEKTRICKÁ ČÁST</b>                           |                      |
| Střešní instalace                                | 55 479,00 Kč         |
| DC rozvaděč                                      | 3 556,26 Kč          |
| Měnič  | 127 000,00 Kč        |
| AC rozvaděč                                      | 1 584,00 Kč          |
| Kabely   | 1 755,00 Kč          |
| <b>ELEKTRICKÁ ČÁST - CELEKM</b>                  | <b>134 374,26 Kč</b> |
| <b>VODOINSTALACE</b>                             |                      |
| Zařízení pro ohřev a rozvod pitné vody           | 14 599,70 Kč         |
| Zařízení pro ohřev a rozvod topné vody           | 97 015,60 Kč         |
| <b>VODOINSTALACE - CELKEM</b>                    | <b>111 615,30 Kč</b> |
| <b>ZEDNICKÉ PRÁCE</b>                            |                      |
| <b>ZEDNICKÉ PRÁCE - CELKEM</b>                   | <b>4 375,00 Kč</b>   |
| <b>Celkem</b>                                    | <b>305364,56 Kč</b>  |

#### 4.4.2 Zhodnocení investice kompletní instalace s navýšením instalovaného výkonu

Zásadní změnou této varianty je instalace nového měniče a baterie. Elektrická energie by se již nevyužívala pouze k ohřevu užitkové vody, ale šla by ve větší míře využít i k napájení spotřebičů v domě. To by znamenalo u určitých zásahů do stávající elektroinstalace domu. Navíc na tento systém by nešly napojit všechny spotřebiče, a to především ty s vyšším příkonem. Ovšem k napájení menších spotřebičů, by byl vybraný měnič plně dostačující.

Tabulka 4.11 Určení ročního zisku důsledkem navýšení instalovaného výkonu

|   |               |
|---|---------------|
| Cena systému  | 305 364,56 Kč |
| <b>Původní instalace</b>  |               |
| Cena plynu [Kč/kWh]   | 3,30 Kč       |
| Průměrné množství spotřebovaného plynu za rok [m <sup>3</sup> ] | 642           |
| Cena dřeva [Kč/m <sup>3</sup> ]                                 | 800,00 Kč     |
| Spotřeba dřeva ročně [prmr]                                     | 4,00          |
| <b>Nová instalace</b>   |               |
| Spotřeba dřeva ročně [prmr]                                     | 9,00          |
| Množství nevyužití elektrické energie FVE systémem za rok [kWh] | 2683,00       |
| Cena elektrické energie [Kč/kWh]                                | 6,98          |
| Původní náklady na vytápění a ohřev TUV                         | 25 847,83 Kč  |
| Současné náklady na vytápění a ohřev TUV                        | 7 200,00 Kč   |
| Uspořená částka za ohřev TUV                                    | 18 647,83 Kč  |
| Uspořená částka za elektřinu                                    | 18 727,34 Kč  |
| Celkově uspořená suma   | 37 375,17 Kč  |

Tato varianta se jeví jako finančně zajímavá. Čistá současná hodnota po dvaceti letech je 160421,72 Kč. Dle prosté návratnosti se finanční prostředky vynaložené na koupi tohoto systému vrátí v průběhu devátého roku. Dle diskontní návratnosti se v tomto případě se investice vrátí v průběhu roku jedenáctého. Investice se vyplatí i z hlediska indexu ziskovosti, ten má v tomto případě hodnotu 1,53. Přehled finančních toků a finančních ukazatelů lze nalézt v tabulce 4.12. K výpočtům byly použity stejné vzorce jako v kapitole 4.1.2.

Tabulka 4.12 Vyhodnocení investice kompletní instalace s navýšeným instalovaným výkonem

| Rok                         | Zisk [Kč]    | Zisk diskontovaný [Kč] | Návratnost diskontovaná [Kč] |
|-----------------------------|--------------|------------------------|------------------------------|
| 0                           |              |                        | -305 364,56 Kč               |
| 1                           | 37 375,17 Kč | 35 595,40 Kč           | -269 769,16 Kč               |
| 2                           | 37 375,17 Kč | 33 900,38 Kč           | -235 868,77 Kč               |
| 3                           | 37 375,17 Kč | 32 286,08 Kč           | -203 582,69 Kč               |
| 4                           | 37 375,17 Kč | 30 748,65 Kč           | -172 834,04 Kč               |
| 5                           | 37 375,17 Kč | 29 284,43 Kč           | -143 549,62 Kč               |
| 6                           | 37 375,17 Kč | 27 889,93 Kč           | -115 659,69 Kč               |
| 7                           | 37 375,17 Kč | 26 561,84 Kč           | -89 097,85 Kč                |
| 8                           | 37 375,17 Kč | 25 296,99 Kč           | -63 800,86 Kč                |
| 9                           | 37 375,17 Kč | 24 092,37 Kč           | -39 708,49 Kč                |
| 10                          | 37 375,17 Kč | 22 945,11 Kč           | -16 763,37 Kč                |
| 11                          | 37 375,17 Kč | 21 852,49 Kč           | 5 089,12 Kč                  |
| 12                          | 37 375,17 Kč | 20 811,90 Kč           | 25 901,01 Kč                 |
| 13                          | 37 375,17 Kč | 19 820,85 Kč           | 45 721,86 Kč                 |
| 14                          | 37 375,17 Kč | 18 877,00 Kč           | 64 598,87 Kč                 |
| 15                          | 37 375,17 Kč | 17 978,10 Kč           | 82 576,97 Kč                 |
| 16                          | 37 375,17 Kč | 17 122,00 Kč           | 99 698,96 Kč                 |
| 17                          | 37 375,17 Kč | 16 306,66 Kč           | 116 005,63 Kč                |
| 18                          | 37 375,17 Kč | 15 530,16 Kč           | 131 535,78 Kč                |
| 19                          | 37 375,17 Kč | 14 790,63 Kč           | 146 326,41 Kč                |
| 20                          | 37 375,17 Kč | 14 086,31 Kč           | 160 412,72 Kč                |
| Čistá současná hodnota [Kč] |              |                        | 160 412,72 Kč                |
| Návratnost prostá [let]     |              |                        | 8,17                         |
| Návratnost diskontní [let]  |              |                        | 8,00                         |
| Index ziskovosti            |              |                        | 1,53                         |

## 4.5 Porovnání jednotlivých variant

V tabulce 4.13 je uvedeno porovnání jednotlivých variant instalace, včetně té aktuálně instalované. Ta je označena jako kompletní instalace s instalovaným dodatečným zdrojem tepelné energie a v tabulce ji lze nalézt pod číslem 2.

Z hlediska indexu ziskovosti i z hlediska návratnosti se jako nejlepší řešení jeví varianta číslo 1. Jedná se o instalaci fotovoltaického systému bez dodatečného zdroje tepelné energie. Tato instalace ze všech čtyř variant vyžaduje nejmenší počáteční investici. Tato varianta ovšem vyžaduje užití zemního plynu jak pro ohřev části užitkové vody, tak pro vytápění domu. To tedy znamená nesplnění požadavku z kapitoly 2 konkrétně nezávislost na energiích z inženýrských sítí.

Varianta systému, která obsadila druhé místo jak z hlediska návratnosti, tak z hlediska indexu ziskovosti a je v tabulce 4.13 zapsána pod číslem 4. Jedná se o variantu s navýšeným instalovaným výkonem, měničem se sinusovým průběhem výstupního proudu a s baterií o kapacitě 10 kWh. Tato varianta není v případě vytápění domu a ohřevu užitkové vody závislá na energiích dostupných z inženýrských sítí, dokonce by dokázala dům zásobovat elektrickou energií, jejíž výroba je závislá pouze na slunečním svitu. Ovšem oproti nyní instalované variantě 2 vyžaduje téměř dvakrát větší počáteční investici.

Tabulka 4.13 Porovnání jednotlivých variant

| Číslo varianty             | 1            | 2             | 3             | 4             |
|----------------------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| Cena systému               | 59 331,66 Kč | 160 999,56 Kč | 227 399,56 Kč | 305 364,56 Kč |
| Čistá současná hodnota     | 45 863,96 Kč | 71 393,67 Kč  | 31 089,54 Kč  | 160 412,72 Kč |
| Návratnost prostá [let]    | 7,03         | 8,63          | 10,96         | 8,17          |
| Návratnost diskontní [let] | 9,00         | 12,00         | 17,00         | 11,00         |
| Index ziskovosti           | 1,77         | 1,44          | 1,14          | 1,53          |

## 5. ZÁVĚR

Tato bakalářská práce je rozdělena do čtyř kapitol. Obsahem první kapitoly je popis a důvod změny původního systému vytápění a ohřevu užitkové vody. V této kapitole je popsán původní systém pro získávání tepla instalovaný v rodinném domě. Dále byly shrnuty slabiny a nedostatky původního systému. V tabulkách této kapitoly jsou uvedena data týkající se průměrné spotřeby energií v předešlých letech a spotřeba energií v rodinném domě ve vybraných letech. Jsou zde uvedeny specifikace.

Druhá kapitola se zabývá výběrem vhodné technologie pro ohřev užitkové vody. Jsou zde uvedeny požadavky investora, které by měl nový systém ohřevu užitkové vody plnit. Dále se tato kapitola věnuje fotovoltaickému a fototermickému systému ohřevu užitkové vody, jejich kladům a úskalím, které bylo třeba pro instalaci v daném objektu řešit. Proběhl návrh jednotlivých systémů, vzájemné posouzení vhodnosti instalace a výběr jednoho z řešení pro finální instalaci. Součástí této kapitoly je i přiložená fotodokumentace již instalovaného nového systému ohřevu užitkové vody. Jedná se o obrázky 2.8 až 2.10. Pro instalaci byl zvolen fotovoltaický systém, v jehož prospěch hrála zejména prostorová náročnost, tedy spíše nenáročnost. Oproti fototermickému systému ohřevu zabere v budově méně místa, a to byla jeho klíčová vlastnost.

Tématem třetí kapitoly je návrh využití přebytečné energie vyrobené FVE, která nebude spotřebována pro ohřev užitkové vody. V této části jsou navrženy dvě varianty vylepšení stávajícího systému, které by dokázaly využít elektrickou energii, která není využita k ohřevu užitkové vody. Prvním možným řešením je instalovat místo stávajícího měniče měnič nový, a to se sinusovým průběhem signálu na výstupu a možností napájet i jinou než odporovou zátěž. K tomu by byla přidána baterie o kapacitě 3,5 kWh pro uložení přebytků, které by nebyly spotřebovány v době jejich vzniku. Jako záloha by sloužila veřejná elektrická síť. Druhou variantu by bylo navýšení instalovaného výkonu, ze 3,15 kWp na 5,4 kWp, měnič by se vyměnil za nový, tak jako v předchozí variantě a použila by se větší baterie o kapacitě 10 kWh. Tato varianta by již dokázala pokrýt i část spotřeby rodinného domu.

Čtvrtá kapitola je zaměřena na ekonomické zhodnocení jednotlivých návrhů systémů. Varianta 1 počítá pouze s fotovoltaickým ohřevem užitkové vody, s nutností využití plynového kotle pro její ohřev v případě nedostatku solární energie a pro vytápění domu. Ač tato varianta dle ekonomických ukazatelů vyšla nejvýhodněji, byla právě kvůli nutnosti využívat plyn k instalaci zvolena varianta 2. Ta k vytápění a ohřevu užitkové vody spolu se solární energií využívá možnosti ohřevu vody teplovodní vložkou ve sporáku. Její investiční náklady a ekonomické zhodnocení lze nalézt v kapitole 4.2. Varianta 3 umožňující využití aktuálně dostupných přebytků energie která není využita k ohřevu užitkové vody se jeví jako ekonomicky nezajímavá. To se ovšem může změnit po ukončení ročního provozu aktuálně instalovaného systému, kdy budou dostupná



skutečná naměřená data přebytků elektrické energie. Varianta 4 se jeví jako druhá nejlepší po variantě číslo 1. Varianta 4 s navýšeným instalovaným výkonem ovšem vyžaduje téměř dvojnásobné investiční náklady, než aktuálně instalovaná varianta 2 a její návratnost silně ovlivňuje cena elektrické energie. Srovnání jednotlivých variant instalace lze shlédnout v tabulce 4.13.

Díky nově instalovanému systému, konkrétně ve variantě 2 se ohřev užitkové vody a vytápění domu stalo až na energii potřebnou k pohonu oběhového čerpadla, nezávislé na dodávkách energií z inženýrských sítí. Celá instalace se vešla do prostor domu s minimálně nutnými stavebními úpravami a tím byl splněn i jeden z dalších požadavků. A instalovaný sporák se dá využít k více věcem než jen k ohřevu vody a stávající měnič může kromě elektrického topného tělesa napájet i jiný spotřebič odporového charakteru. Tedy tím byl splněn požadavek na multifunkčnost celého zařízení.

## LITERATURA

- [1] Roční úhrn slunečního záření v ČR. In: *Isofen energy* [online]. České Budějovice: Isofen Energy s.r.o., 2009 [cit. 2022-12-02]. Dostupné z: [http://www.isofenenergy.cz/img/rocní\\_uhrn.png](http://www.isofenenergy.cz/img/rocní_uhrn.png)
- [2] Potřeba teplé vody. In: *Panelové domy* [online]. Praha: EkoWATT, 2010 [cit. 2023-05-07]. Dostupné z: <http://panelovedomy.ekowatt.cz/tepla-voda/36-potreba-teple-vody.html>
- [3] QUASCHNING, Volker. *Obnovitelné zdroje energií*. První edice. Praha: Grada Publishing a.s., 2010. ISBN 978-80-247-3250-3.
- [4] Konstrukce fotovoltaického panelu. In: *O energetice* [online]. Třebíč, 2017 [cit. 2023-01-03]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/wp-content/uploads/2017/02/konstrukce-fotovoltaickeho-panelu.png>
- [5] VA charakteristika fotovoltaického panelu. In: *Tzbinfo* [online]. Praha: Copyright Topinfo s.r.o., 2014 [cit. 2022-12-02]. Dostupné z: <https://oze.tzbinfo.cz/docu/clanky/0117/011772o3.png>
- [6] *Obnovitelné zdroje elektrické energie*. První vydání. Praha: Europrint, 2011. ISBN 978-80-01-04937-2.
- [7] MATUŠKA, Tomáš. Solární tepelné soustavy. In: *PROFESIS Profesní informační systém ČKAIT* [online]. Praha: ČKAIT, 1992 [cit. 2023-01-02]. Dostupné z: <https://profesis.ckait.cz/dokumenty-ckait/mp-1-6/mp-1-6-11/>
- [8] *Solární zařízení v příkladech*. První edice. Praha: Grada Publishing, a.s., 2013. ISBN 978-80-247-3525-2.
- [9] Ceníky a obchodní podmínky pro domácnosti. In: *Innogy* [online]. Praha: innogy CZ a.s., 2023 [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://www.innogy.cz/ceniky/>
- [10] PVGIS Online tool. In: *European Commission* [online]. Evropská komise, 2023 [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/)
- [11] Převod m<sup>3</sup> plynu na MWh a kWh. In: *Přepis energií* [online]. Praha: innogy Česká republika a.s., 2023 [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://prepis.innogy.cz/tipy-a-rady/prevod-m3-plynu-na-MWh-a-kWh>
- [12] Diskontování. In: *Algoritmy.net* [online]. Jan Neckář, 2016 [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://www.algoritmy.net/article/130/Diskontovani>
- [13] Hodnocení přínosů zateplení 2: doba návratnosti. In: *Inkapo* [online]. České Budějovice: Artfocus, 2022 [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://www.projekty-inkapo.cz/doba-navratnosti/>

- [14] Index ziskovosti (PI - Profitability Index). In: *Management mania* [online]. Wilmington, 2016 [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/index-ziskovosti>

## SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

### Zkratky:

|      |  |
|------|--|
| FEKT | Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií                      |
| VUT  | Vysoké učení technické v Brně  |
| TUV  | Teplá užitková voda  |
| VA   | Voltampérová charakteristika   |
| STC  | Standart Test Conditions (Standartní Testovací Podmínky)                 |
| NOCT | Nominal Operational Cell Temperature (Nominální Provozní Teplota Článku) |
| FVE  | Fotovoltaická elektrárna   |

### Symboly:


|                 |   |                                |
|-----------------|---|--------------------------------|
| $U$             | napětí  | V                              |
| $I$             | proud   | A                              |
| $U_{MPP}$       | napětí odpovídající bodu MPP                  | V                              |
| $I_{MPP}$       | proud odpovídající bodu MPP                   | A                              |
| $I_{SC}$        | proud na krátko                               | A                              |
| $U_{OC}$        | napětí naprázdno                              | V                              |
| $V_{bojleru}$   | objem bojleru                                 | l                              |
| $n_o$           | počet osob                                    | -                              |
| $V_{osoba}$     | množství vody na jednu osobu a den            | l                              |
| $t_d$           | počet dnů                                     | -                              |
| $V_p$           | průměrná spotřeba vody na osobu a den         | l                              |
| $V_1, V_2$      | krajní hodnoty spotřeby teplé vody            | l                              |
| $Q$             | energie potřebná k ohřevu vody                | J                              |
| $c$             | měrná tepelná kapacita                        | $\text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$ |
| $m$             | množství vody                                 | kg                             |
| $t_h$           | teplota teplé vody                            | $^{\circ}\text{C}$             |
| $t_c$           | teplota studené vody                          | $^{\circ}\text{C}$             |
| $n_p$           | počet modulů                                  | -                              |
| $P_{bojler}$    | příkon spirály bojleru                        | W                              |
| $P_{NOCT}$      | výkon modulů při podmínkách NOCT              | W                              |
| $U_{nOC}$       | napětí naprázdno při určitém množství modulů  | V                              |
| $t_0$           | teplota pro kterou byly hodnoty modulu určeny | $^{\circ}\text{C}$             |
| $t_n$           | teplota při které budou moduly provozovány    | $^{\circ}\text{C}$             |
| $cvoc$          | teplotní součinitel napětí modulu             | %                              |
| $V_{zásobníku}$ | Objem zásobníku                               | l                              |
| $V_{osoba}$     | Litry teplé vody na osobu                     | l                              |
| $Q_{tv}$        | Roční množství energie                        | kWh                            |

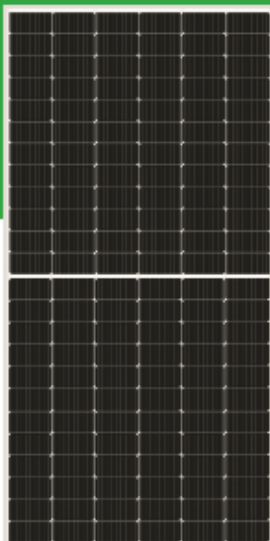
|                |   |            |
|----------------|---|------------|
| $E_{od}$       | Energie na osobu a den                          | kWh        |
| $A_{kolektor}$ | Plocha plošného kolektoru s průměrnou účinností | $m^2$      |
| $H_{solar}$    | Roční hodnota sluneční radiace                  | kWh/ $m^2$ |
| $f_{sklonu}$   | Zisk při daném sklonu modulu                    | -          |
| $PV$           | Současná hodnota                                | Kč         |
| $R$            | Očekávaná částka v budoucnosti                  | Kč         |
| $r$            | Diskontní sazba                                 | -          |
| $t$            | Daný rok  | -          |
| $NPV$          | Čistá současná hodnota                          | Kč         |
| $ZD$           | Diskontovaný zisk                               | Kč         |
| $PI$           | Počáteční investice                             | Kč         |
| $T_s$          | Prostá doba návratnosti                         | rok        |
| $RU$           | Roční úspora nákladů                            | Kč         |
| $T_{sd}$       | Doba návratnosti                                | rok        |
| $PIZ$          | Index ziskovosti                                | Kč         |

## **SEZNAM PŘÍLOH**

|   |           |
|---|-----------|
| <b>PŘÍLOHA A - DATOVÝ LIST SOLÁRNÍCH MODULŮ .....</b>           | <b>55</b> |
| <b>PŘÍLOHA B - TECHNICKÉ ÚDAJE STŘÍDAČE AXPERT KING II.....</b> | <b>57</b> |
| <b>PŘÍLOHA C - DETAILNÍ ROZPIS NÁKLADŮ .....</b>                | <b>58</b> |

# Příloha A - Datový list solárních modulů

Amerisolar | New Energy New World



## AS-6M144-HC

### 435W~465W

MONOCRYSTALLINE MODULE

### ADVANCED PERFORMANCE & PROVEN ADVANTAGES

- High module conversion efficiency up to 21.27% by using innovative Half-cell design and Multi-busbar(MBB) cell technology.
- Low temperature coefficient and excellent performance under high temperature and low light conditions.
- Robust aluminum frame ensures the modules to withstand wind loads up to 2400Pa and snow loads up to 5400Pa.
- High reliability against extreme environmental conditions (passing salt mist, ammonia and hail tests).
- Potential induced degradation (PID) resistance.

### CERTIFICATIONS

- IEC 61215, IEC 61730, UL 1703, IEC 62716, IEC 61701, IEC TS 62804, CE, CQC
- ISO 9001:2015: Quality management system
- ISO 14001:2015: Environmental management system
- ISO 45001:2018: Occupational health and safety management system

### SPECIAL WARRANTY

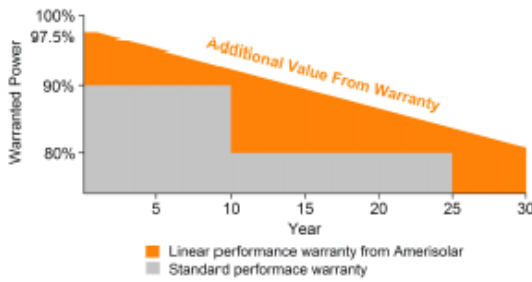
- 20 years product warranty
- 30 years linear power output warranty

**Passionately**

**committed to**

**delivering innovative**

**energy solution**



| Year | Standard performance warranty (%) | Linear performance warranty from Amerisolar (%) |
|------|-----------------------------------|---|
| 0    | 97.5                              | 97.5  |
| 5    | 97.5                              | 97.5  |
| 10   | 90.0                              | 97.5  |
| 15   | 90.0                              | 97.5  |
| 20   | 90.0                              | 97.5  |
| 25   | 80.0                              | 97.5  |
| 30   | 80.0                              | 97.5  |

Worldwide Energy and Manufacturing USA Co., Ltd.  
www.weamerisolar.com, sales@weamerisolar.com

EN-V2.1-2020

55

| ELECTRICAL CHARACTERISTICS AT STC     |  |        |        |        |        |        |        |
|---------------------------------------|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Maximum Power ( $P_{max}$ )           | 435W   | 440W   | 445W   | 450W   | 455W   | 460W   | 465W   |
| Open Circuit Voltage ( $V_{oc}$ )     | 49.6V  | 49.8V  | 50.0V  | 50.2V  | 50.4V  | 50.6V  | 50.8V  |
| Short Circuit Current ( $I_{sc}$ )    | 11.10A   | 11.16A | 11.22A | 11.28A | 11.34A | 11.40A | 11.46A |
| Voltage at Maximum Power ( $V_{mp}$ ) | 41.2V  | 41.4V  | 41.6V  | 41.8V  | 42.0V  | 42.2V  | 42.4V  |
| Current at Maximum Power ( $I_{mp}$ ) | 10.56A   | 10.63A | 10.70A | 10.77A | 10.84A | 10.91A | 10.97A |
| Module Efficiency (%)                 | 19.90  | 20.13  | 20.36  | 20.58  | 20.81  | 21.04  | 21.27  |
| Operating Temperature                 | -40°C to +85°C   |        |        |        |        |        |        |
| Maximum System Voltage                | 1000V DC/1500V DC                                      |        |        |        |        |        |        |
| Fire Resistance Rating                | Type 1 (in accordance with UL 1703)/Class C (IEC61730) |        |        |        |        |        |        |
| Maximum Series Fuse Rating            | 20A  |        |        |        |        |        |        |

STC: Irradiance 1000W/m<sup>2</sup>, Cell temperature 25°C, AM1.5; Tolerance of  $P_{max}$ : ±3%; Measurement Tolerance: ±3%

| ELECTRICAL CHARACTERISTICS AT NOCT    |       |       |       |       |       |       |       |
|---------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Maximum Power ( $P_{max}$ )           | 323W  | 327W  | 331W  | 335W  | 339W  | 343W  | 347W  |
| Open Circuit Voltage ( $V_{oc}$ )     | 45.6V | 45.8V | 46.0V | 46.2V | 46.4V | 46.6V | 46.8V |
| Short Circuit Current ( $I_{sc}$ )    | 8.99A | 9.04A | 9.09A | 9.14A | 9.19A | 9.24A | 9.29A |
| Voltage at Maximum Power ( $V_{mp}$ ) | 37.4V | 37.6V | 37.8V | 38.0V | 38.2V | 38.4V | 38.6V |
| Current at Maximum Power ( $I_{mp}$ ) | 8.64A | 8.70A | 8.76A | 8.82A | 8.88A | 8.94A | 8.99A |

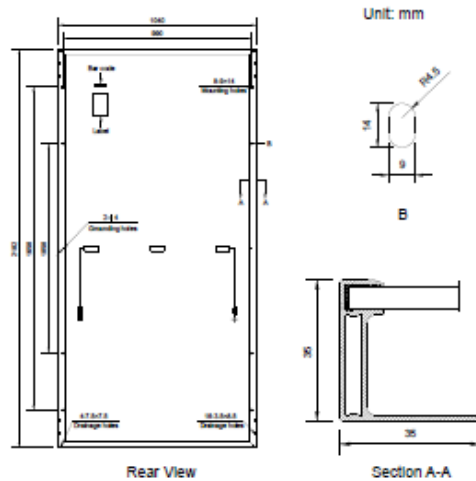
NOCT: Irradiance 800W/m<sup>2</sup>, Ambient temperature 20°C, Wind Speed 1 m/s

| MECHANICAL CHARACTERISTICS |  |
|----------------------------|--|
| Cell type                  | Monocrystalline PERC 166*83mm  |
| Number of cells            | 144 (6x24)   |
| Module dimensions          | 2102x1040x35mm (82.76x40.94x1.38Inches)  |
| Weight                     | 24kg (52.9lbs)   |
| Front cover                | 3.2mm (0.13Inches) tempered glass with AR coating  |
| Frame                      | Anodized aluminum alloy  |
| Junction box               | IP68, 3 diodes   |
| Cable                      | 4mm <sup>2</sup> (0.006Inches <sup>2</sup> ), Length: Portrait: 300mm (11.81Inches); Landscape: 1400mm (55.12Inches) |
| Connector                  | MC4 or MC4 compatible  |

| TEMPERATURE CHARACTERISTICS               |           |
|---|-----------|
| Nominal Operating Cell Temperature (NOCT) | 43°C±2°C  |
| Temperature Coefficients of $P_{max}$     | -0.36%/°C |
| Temperature Coefficients of $V_{oc}$      | -0.28%/°C |
| Temperature Coefficients of $I_{sc}$      | 0.05%/°C  |

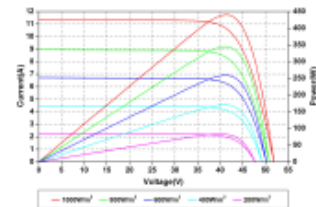
| PACKAGING                         |              |
|-----------------------------------|--------------|
| Standard packaging                | 31pcs/pallet |
| Module quantity per 20' container | 155pcs       |
| Module quantity per 40' container | 715pcs       |

### ENGINEERING DRAWINGS

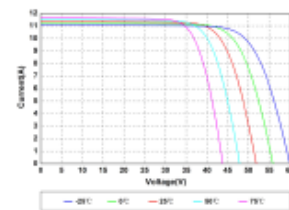


Specifications in this datasheet are subject to change without prior notice.

### IV CURVES



Current-Voltage and Power-Voltage Curves at Different Irradiances



Current-Voltage Curves at Different Temperatures

Amerisolar and Amerisolar logo denoted with © are registered trademarks of Worldwide Energy and Manufacturing USA Co., Ltd.



# Příloha B - Technické údaje střídače Axpert King II

Off-Grid Inverter

## Axpert King II Off-Grid Inverter



- Zero (0ms) transfer time to protect mission-critical loads such as servers and ATMs
- High PV input voltage range
- Removable LCD control module with multiple communications
- Selectable high power charging current
- Built-in Wi-Fi for mobile monitoring (App is available)
- Configurable AC/Solar input priority via LCD setting
- Reserved communication port for BMS (RS485 or CAN-BUS)
- Parallel operation up to 9 units

OFF-GRID INVERTER

### Axpert King II Off-Grid Inverter Specification

| MODEL                                   |                       | Axpert KING II-5000-48                               |
|---|-----------------------|--|
| Rated Power                             |                       | 5000VA/5000W   |
| Parallel Capability                     |                       | Up to 9 units  |
| <b>GRID INPUT</b>                       |                       |  |
| Voltage                                 |                       | 230 VAC  |
| Voltage Range                           |                       | 110-280 VAC  |
| Frequency Range                         |                       | 50 Hz/60 Hz (Auto sensing) ± 4Hz                     |
| Power Factor                            |                       | ≥ 0.98 @ Nominal Voltage (100% Load)                 |
| THDI                                    |                       | ≤ 10%  |
| <b>LOAD OUTPUT</b>                      |                       |  |
| AC Voltage Regulation (Line&Batt. Mode) |                       | 230VAC ± 5%  |
| Frequency Range (Synchronized Range)    |                       | 46-54 Hz or 56-64 Hz                                 |
| Frequency Range (Batt. Mode)            |                       | 50 Hz ± 0.1 Hz or 60Hz ± 0.1 Hz                      |
| Harmonic Distortion                     |                       | ≤ 3 % THD (Linear Load); ≤ 5 % THD (Non-linear Load) |
| Transfer Time                           | AC Mode to Batt. Mode | 0 ms   |
|   | Inverter to Bypass    | 4 ms (Typical)                                       |
| Waveform                                |                       | Pure sine wave                                       |
| <b>EFFICIENCY</b>                       |                       |  |
| Line Mode                               |                       | 94%  |
| ECO Mode                                |                       | 98%  |
| Battery Mode                            |                       | 92%  |
| <b>BATTERY</b>                          |                       |  |
| Battery Voltage                         |                       | 40-62 VDC  |
| Floating Charge Voltage                 |                       | 54 VDC   |
| Overcharge Protection                   |                       | 62 VDC   |
| <b>SOLAR INPUT</b>                      |                       |  |
| Solar Charger type                      |                       | MPPT   |
| Maximum PV Array Power                  |                       | 6000 W   |
| MPPT Range @ Operating Voltage          |                       | 120 - 450 VDC  |
| Maximum PV Array Open Circuit Voltage   |                       | 500 VDC  |
| Maximum Solar Charge Current            |                       | 100A   |
| Maximum AC Charge Current               |                       | 100A   |
| <b>PHYSICAL</b>                         |                       |  |
| Dimension, D x W x H (mm)               |                       | 138.4 x 298 x 467.6                                  |
| Net Weight (kgs)                        |                       | 12   |
| Communication Interface                 |                       | RS232, USB, DRY CONTACT, Wi-Fi, RS485, CAN           |
| <b>ENVIRONMENT</b>                      |                       |  |
| Humidity                                |                       | 5% to 95% Relative Humidity(Non-condensing)          |
| Operating Temperature                   |                       | -10°C to 50°C  |
| Storage Temperature                     |                       | -15°C to 60°C  |

Product specifications are subject to change without further notice.



# Příloha C - Detailní rozpis nákladů

## A.1 Náklady pro variantu 1

| Název   | Mj | Počet | Cena kusu    | Cena celkem         |
|---|----|-------|--------------|---------------------|
| <b>ELEKTRICKÁ ČÁST</b>  |    |       |              |                     |
| <b>Střešní instalace</b>                                      |    |       |              |                     |
| Fotovoltaický modul AS-6M144-HC                               | ks | 7     | 4 569,00 Kč  | 31 983,00 Kč        |
| Konektory MC4 pár   | ks | 3     | 60,00 Kč     | 180,00 Kč           |
| Chránička kabelu venkovní UV stabilní 25 mm                   | m  | 9     | 39,00 Kč     | 351,00 Kč           |
| <b>Střešní instalace – celkem</b>                             |    |       |              | <b>32 514,00 Kč</b> |
| <b>DC rozvaděč</b>  |    |       |              |                     |
| Rozvaděč na omítku 8 modulů                                   | ks | 1     | 329,00 Kč    | 329,00 Kč           |
| Pojistkový odpojovač Noark 2p 10x38 1000 V DC 30A             | ks | 1     | 268,90 Kč    | 268,90 Kč           |
| PC10 12A gPv  | ks | 2     | 160,00 Kč    | 320,00 Kč           |
| SLP-PV500 V/U   | ks | 1     | 2 638,36 Kč  | 2 638,36 Kč         |
| <b>DC rozvaděč – celkem</b>                                   |    |       |              | <b>3 556,26 Kč</b>  |
| <b>Měnič</b>  |    |       |              |                     |
| Regulátor MR4316AC NG   | ks | 1     | 5 600,00 Kč  | 5 600,00 Kč         |
| <b>Měnič – celkem</b>   |    |       |              | <b>5 600,00 Kč</b>  |
| <b>AC rozvaděč</b>  |    |       |              |                     |
| Rozvaděč na omítku 16 modulů                                  | ks | 1     | 399,00 Kč    | 399,00 Kč           |
| Pojistkový odpínač OPVP10-2 32A O EZ                          | ks | 1     | 288,00 Kč    | 288,00 Kč           |
| PV10 12A gG   | ks | 2     | 35,00 Kč     | 70,00 Kč            |
| Zdroj mean Well HDR-15-24                                     | ks | 1     | 430,00 Kč    | 430,00 Kč           |
| Pomocné relé Elko EP VS116K 1x16A prepínací AC 230V AC/DC 24V | ks | 1     | 361,00 Kč    | 361,00 Kč           |
| Rozbočovací můstek  | ks | 2     | 18,00 Kč     | 36,00 Kč            |
| <b>AC rozvaděč – celkem</b>                                   |    |       |              | <b>1 584,00 Kč</b>  |
| <b>Kabely</b>   |    |       |              |                     |
| EFK SOLAR 80 4,0  | m  | 30    | 36,00 Kč     | 1 080,00 Kč         |
| CYKY-J 3x2,5  | m  | 25    | 27,00 Kč     | 675,00 Kč           |
| <b>Kabely - celkem</b>  |    |       |              | <b>1 755,00 Kč</b>  |
| <b>ELEKTRICKÁ ČÁST – CELEKM</b>                               |    |       |              | <b>45 009,26 Kč</b> |
| <b>VODOINSTALACE</b>  |    |       |              |                     |
| <b>Zařízení pro ohřev a rozvod pitné vody</b>                 |    |       |              |                     |
| Bojler OKC 160  | ks | 1     | 11 190,00 Kč | 11 190,00 Kč        |
| Chemická kotva  | ks | 1     | 249,30 Kč    | 249,30 Kč           |
| PPR koleno 90 ° 20  | ks | 5     | 3,70 Kč      | 18,50 Kč            |
| PPR T kus 20  | ks | 3     | 5,10 Kč      | 15,30 Kč            |
| PPR přechodka kov 20x1/2 s převlečnou matkou                  | ks | 3     | 62,00 Kč     | 186,00 Kč           |
| PPR přechodka s kovovým závitem vnitřním 20x1/2               | ks | 3     | 26,90 Kč     | 80,70 Kč            |
| PPR přechodka s kovovým závitem vnějším 20x1/2                | ks | 3     | 31,60 Kč     | 94,80 Kč            |

|   |    |   |             |                     |
|---|----|---|-------------|---------------------|
| Ventil termostatický směšovací Esbe VTA 320 35-60 ° G1/2<br>vnitřní závit | ks | 1 | 1 472,00 Kč | 1 472,00 Kč         |
| Mosazná šikmý filtr 1/2   | ks | 1 | 93,00 Kč    | 93,00 Kč            |
| Kohout na vodu se šroubením 1/2   | ks | 3 | 107,00 Kč   | 321,00 Kč           |
| Kohout napouštěcí a vypouštěcí 1/2 bez niklu                              | ks | 1 | 76,00 Kč    | 76,00 Kč            |
| Nerezový vlnovec se šroubením   | m  | 2 | 125,00 Kč   | 250,00 Kč           |
| PPR přechodka kov 20x3/4 s převlečnou matkou                              | ks | 2 | 137,90 Kč   | 275,80 Kč           |
| <b>Zařízení pro ohřev a rozvod pitné vody - celkem</b>                    |    |   |             | <b>14 322,40 Kč</b> |
| <b>VODOINSTALACE -CELKEM</b>  |    |   |             | <b>14 322,40 Kč</b> |
| <b>Celkem</b>   |    |   |             | <b>59 331,66 Kč</b> |

## A.2 Náklady pro variantu 2

| Název  | Mj | Počet | Cena        | Cena celkem         |
|--|----|-------|-------------|---------------------|
| <b>ELEKTRICKÁ ČÁST</b>   |    |       |             |                     |
| <b>Střešní instalace</b>   |    |       |             |                     |
| Fotovoltaický modul AS-6M144-HC                                  | ks | 7     | 4 569,00 Kč | 31 983,00 Kč        |
| Konektory MC4 pár  | ks | 3     | 60,00 Kč    | 180,00 Kč           |
| Chránička kabelu venkovní UV stabilní 25 mm                      | m  | 9     | 39,00 Kč    | 351,00 Kč           |
| <b>Střešní instalace – celkem</b>                                |    |       |             | <b>32 514,00 Kč</b> |
| <b>DC rozvaděč</b>   |    |       |             |                     |
| Rozvaděč na omítku 8 modulů                                      | ks | 1     | 329,00 Kč   | 329,00 Kč           |
| Pojistkový odpojovač Noark 2p 10x38 1000 V<br>DC 30A             | ks | 1     | 268,90 Kč   | 268,90 Kč           |
| PC10 12A gPv   | ks | 2     | 160,00 Kč   | 320,00 Kč           |
| SLP-PV500 V/U  | ks | 1     | 2 638,36 Kč | 2 638,36 Kč         |
| <b>DC rozvaděč – celkem</b>                                      |    |       |             | <b>3 556,26 Kč</b>  |
| <b>Měnič</b>   |    |       |             |                     |
| Regulátor MR4316AC NG  | ks | 1     | 5 600,00 Kč | 5 600,00 Kč         |
| <b>Měnič – celkem</b>  |    |       |             | <b>5 600,00 Kč</b>  |
| <b>AC rozvaděč</b>   |    |       |             |                     |
| Rozvaděč na omítku 16 modulů                                     | ks | 1     | 399,00 Kč   | 399,00 Kč           |
| Pojistkový odpínač OPVP10-2 32A O EZ                             | ks | 1     | 288,00 Kč   | 288,00 Kč           |
| PV10 12A gG  | ks | 2     | 35,00 Kč    | 70,00 Kč            |
| Zdroj mean Well HDR-15-24  | ks | 1     | 430,00 Kč   | 430,00 Kč           |
| Pomocné relé Elko EP VS116K 1x16A<br>přepínací AC 230V AC/DC 24V | ks | 1     | 361,00 Kč   | 361,00 Kč           |
| Rozbočovací můstek   | ks | 2     | 18,00 Kč    | 36,00 Kč            |
| <b>AC rozvaděč – celkem</b>                                      |    |       |             | <b>1 584,00 Kč</b>  |
| <b>Kabely</b>  |    |       |             |                     |
| EFK SOLAR 80 4,0   | m  | 30    | 36,00 Kč    | 1 080,00 Kč         |
| CYKY-J 3x2,5   | m  | 25    | 27,00 Kč    | 675,00 Kč           |
| <b>Kabely - celkem</b>   |    |       |             | <b>1 755,00 Kč</b>  |

|  |    |    |              |              |
|--|----|----|--------------|--------------|
| ELEKTRICKÁ ČÁST - CELEKM   |    |    |              | 45 009,26 Kč |
| VODOINSTALACE  |    |    |              |              |
| Zařízení pro ohřev a rozvod pitné vody                                   |    |    |              |              |
| Bojler OKC 160   | ks | 1  | 11 190,00 Kč | 11 190,00 Kč |
| Chemická kotva   | ks | 1  | 249,30 Kč    | 249,30 Kč    |
| PPR koleno 90 ° 20   | ks | 5  | 3,70 Kč      | 18,50 Kč     |
| PPR T kus 20   | ks | 3  | 5,10 Kč      | 15,30 Kč     |
| PPR přechodka kov 20x1/2 s převlečnou matkou                             | ks | 5  | 62,00 Kč     | 310,00 Kč    |
| PPR přechodka s kovovým závitem vnitřním 20x1/2                          | ks | 4  | 26,90 Kč     | 107,60 Kč    |
| PPR přechodka s kovovým závitem vnějším 20x1/2                           | ks | 7  | 31,60 Kč     | 221,20 Kč    |
| Ventil termostatický směšovací Esbe VTA 320 35-60 ° G1/2 vnitřní závit   | ks | 1  | 1 472,00 Kč  | 1 472,00 Kč  |
| Mosazná šikmý filtr 1/2  | ks | 1  | 93,00 Kč     | 93,00 Kč     |
| Kohout na vodu se šroubením 1/2  | ks | 3  | 107,00 Kč    | 321,00 Kč    |
| Kohout napouštěcí a vypouštěcí 1/2 bez niklu                             | ks | 1  | 76,00 Kč     | 76,00 Kč     |
| Nerezový vlnovec se šroubením  | m  | 2  | 125,00 Kč    | 250,00 Kč    |
| PPR přechodka kov 20x3/4 s převlečnou matkou                             | ks | 2  | 137,90 Kč    | 275,80 Kč    |
| Zařízení pro ohřev a rozvod pitné vody – celkem                          |    |    |              | 14 599,70 Kč |
| Zařízení pro ohřev a rozvod topné vody                                   |    |    |              |              |
| Teplovodní sporák na tuhá paliva   | ks | 1  | 47 800,00 Kč | 47 800,00 Kč |
| Oběhové čerpadlo Wilo pico   | ks | 1  | 3 250,00 Kč  | 3 250,00 Kč  |
| Ventil termostatický plnicí Esbe VTC 310 60 °                            | ks | 1  | 2 690,00 Kč  | 2 690,00 Kč  |
| CALEFFI 544 1/2 termostatický pijistný ventil s automatickým dopouštěním | ks | 1  | 3 650,00 Kč  | 3 650,00 Kč  |
| Expanzní nádoba Reflex N 35 l  | ks | 1  | 1 576,00 Kč  | 1 576,00 Kč  |
| Pojistný ventil 1,8 bar 1"   | ks | 1  | 495,50 Kč    | 495,50 Kč    |
| Filtr  | ks | 1  | 170,00 Kč    | 170,00 Kč    |
| Klapka zpětná závitová 1"  | ks | 1  | 170,00 Kč    | 170,00 Kč    |
| Kohout vypoštěcí napouštěcí 3/4  | ks | 2  | 108,00 Kč    | 216,00 Kč    |
| Oblouk 90 ° 18 mm  | ks | 1  | 40,00 Kč     | 40,00 Kč     |
| Oblouk 90 ° 28 mm  | ks | 17 | 112,00 Kč    | 1 904,00 Kč  |
| Přechodka 28x1"  | ks | 2  | 73,00 Kč     | 146,00 Kč    |
| Šroubení topenářské přímé 1/2  | ks | 5  | 66,00 Kč     | 330,00 Kč    |
| Šroubení k čerpadlu 6/4 1"   | ks | 2  | 154,00 Kč    | 308,00 Kč    |
| Šroubení topenářské přímé 1"   | ks | 16 | 151,00 Kč    | 2 416,00 Kč  |
| Šroubení topenářské rohové 1"  | ks | 3  | 246,00 Kč    | 738,00 Kč    |
| T kus 28mm   | ks | 8  | 151,00 Kč    | 1 208,00 Kč  |
| T kus FFF Mosaz 1"   | ks | 1  | 131,00 Kč    | 131,00 Kč    |
| T kus FFF Mosaz 3/4"   | ks | 1  | 96,70 Kč     | 96,70 Kč     |
| T kus redukovaný 28x1/2"   | ks | 4  | 340,00 Kč    | 1 360,00 Kč  |

|   |    |    |             |               |
|---|----|----|-------------|---------------|
| Termomanometr zadní 0-4 bar 1/2   | ks | 2  | 343,00 Kč   | 686,00 Kč     |
| Topenářské šroubení přímé 3/4   | ks | 1  | 96,00 Kč    | 96,00 Kč      |
| Ventil FF 1"  | ks | 2  | 130,00 Kč   | 260,00 Kč     |
| Ventil MF 1"  | ks | 4  | 195,00 Kč   | 780,00 Kč     |
| Ventil odvodušňovací automatický 1/2  | ks | 2  | 225,00 Kč   | 450,00 Kč     |
| Vsuvka MM 1/2   | ks | 4  | 24,40 Kč    | 97,60 Kč      |
| Vsuvka MM mosaz 1"  | ks | 6  | 59,00 Kč    | 354,00 Kč     |
| Vsuvka MM mosaz 1/2   | ks | 5  | 24,40 Kč    | 122,00 Kč     |
| Vsuvka MM mosaz redukce 1"x3/4"   | ks | 2  | 59,00 Kč    | 118,00 Kč     |
| Vsuvka přechodová 28 X 1"   | ks | 22 | 214,00 Kč   | 4 708,00 Kč   |
| Vsuvka přechodová 28 x 3/4"   | ks | 4  | 204,20 Kč   | 816,80 Kč     |
| Vsuvka přechodová 18x1/2  | ks | 3  | 160,00 Kč   | 480,00 Kč     |
| Koleno MF 90 ° 1/2 mosaz  | ks | 2  | 69,00 Kč    | 138,00 Kč     |
| Trubka uhlíková ocel Sanha Therm 24000<br>28×1,5 mm 6 m                     | ks | 6  | 1 006,00 Kč | 6 036,00 Kč   |
| Trubka uhlíková ocel Sanha Therm 24000<br>18×1,2 mm 6 m                     | ks | 3  | 540,00 Kč   | 1 620,00 Kč   |
| Elektromagnetický ventil 0-8bar G1 NO HP<br>medium do 130 ° C cívka 230V AC | ks | 2  | 2 899,00 Kč | 5 798,00 Kč   |
| Elektromagnetický ventil 0-10bar do 130 ° C<br>G1 NC HP cívka 230V AC       | ks | 3  | 1 920,00 Kč | 5 760,00 Kč   |
| Zařízení pro ohřev a rozvod topné vody –<br>celkem                          |    |    |             | 97 015,60 Kč  |
| <b>VODOINSTALACE – CELKEM</b>   |    |    |             | 111 615,30 Kč |
| <b>ZEDNICKÉ PRÁCE</b>   |    |    |             |               |
| Kachličky bílé  | ks | 10 | 177,00 Kč   | 1 770,00 Kč   |
| Ukončovací lišta 250 cm   | ks | 3  | 189,00 Kč   | 567,00 Kč     |
| Komínová vložka keramická 90 °  | ks | 1  | 870,00 Kč   | 870,00 Kč     |
| Komínová vložka keramická dvířka  | ks | 1  | 956,00 Kč   | 956,00 Kč     |
| komínová vložka keramická   | ks | 1  | 212,00 Kč   | 212,00 Kč     |
| <b>ZEDNICKÉ PRÁCE – CELKEM</b>  |    |    |             | 4 375,00 Kč   |
| <b>Celkem</b>   |    |    |             | 160 999,56 Kč |

### A.3 Náklady pro variantu 3

| Název                                       | Mj | Počet | Cena        | Cena celkem  |
|---|----|-------|-------------|--------------|
| <b>ELEKTRICKÁ ČÁST</b>                      |    |       |             |              |
| <b>Střešní instalace</b>                    |    |       |             |              |
| Fotovoltaický modul AS-6M144-HC             | ks | 7     | 4 569,00 Kč | 31 983,00 Kč |
| Konektory MC4 pár                           | ks | 3     | 60,00 Kč    | 180,00 Kč    |
| Chráníčka kabelu venkovní UV stabilní 25 mm | m  | 9     | 39,00 Kč    | 351,00 Kč    |
| <b>Střešní instalace – celkem</b>           |    |       |             | 32 514,00 Kč |
| <b>DC rozvaděč</b>                          |    |       |             |              |
| Rozvaděč na omítku 8 modulů                 | ks | 1     | 329,00 Kč   | 329,00 Kč    |

|  |    |    |              |               |
|--|----|----|--------------|---------------|
| Pojistkový odpojovač Noark 2p 10x38 1000 V DC 30A                      | ks | 1  | 268,90 Kč    | 268,90 Kč     |
| PC10 12A gPv   | ks | 2  | 160,00 Kč    | 320,00 Kč     |
| SLP-PV500 V/U  | ks | 1  | 2 638,36 Kč  | 2 638,36 Kč   |
| DC rozvaděč - celkem   |    |    |              | 3 556,26 Kč   |
| Měnič  |    |    |              |               |
| Axpert king II Off-Grid Inverter                                       | ks | 1  | 27 000,00 Kč | 27 000,00 Kč  |
| Baterie 3,5 kWh  | ks | 1  | 45 000,00 Kč | 45 000,00 Kč  |
| Měnič – celkem   |    |    |              | 72 000,00 Kč  |
| AC rozvaděč  |    |    |              |               |
| Rozvaděč na omítku 16 modulů   | ks | 1  | 399,00 Kč    | 399,00 Kč     |
| Pojistkový odpínač OPVP10-2 32A OEZ                                    | ks | 1  | 288,00 Kč    | 288,00 Kč     |
| PV10 12A gG  | ks | 2  | 35,00 Kč     | 70,00 Kč      |
| Zdroj mean Well HDR-15-24  | ks | 1  | 430,00 Kč    | 430,00 Kč     |
| Pomocné relé Elko EP VS116K 1x16A přepínací AC 230V AC/DC 24V          | ks | 1  | 361,00 Kč    | 361,00 Kč     |
| Rozbočovací můstek   | ks | 2  | 18,00 Kč     | 36,00 Kč      |
| AC rozvaděč – celkem   |    |    |              | 1 584,00 Kč   |
| Kabely   |    |    |              |               |
| EFK SOLAR 80 4,0   | m  | 30 | 36,00 Kč     | 1 080,00 Kč   |
| CYKY-J 3x2,5   | m  | 25 | 27,00 Kč     | 675,00 Kč     |
| Kabely - celkem  |    |    |              | 1 755,00 Kč   |
| <b>ELEKTRICKÁ ČÁST – CELEKM</b>  |    |    |              | 111 409,26 Kč |
| <b>VODOINSTALACE</b>   |    |    |              |               |
| Zařízení pro ohřev a rozvod pitné vody                                 |    |    |              |               |
| Bojler OKC 160   | ks | 1  | 11 190,00 Kč | 11 190,00 Kč  |
| Chemická kotva   | ks | 1  | 249,30 Kč    | 249,30 Kč     |
| PPR koleno 90 ° 20   | ks | 5  | 3,70 Kč      | 18,50 Kč      |
| PPR T kus 20   | ks | 3  | 5,10 Kč      | 15,30 Kč      |
| PPR přechodka kov 20x1/2 s převlečnou matkou                           | ks | 5  | 62,00 Kč     | 310,00 Kč     |
| PPR přechodka s kovovým závitem vnitřním 20x1/2                        | ks | 4  | 26,90 Kč     | 107,60 Kč     |
| PPR přechodka s kovovým závitem vnějším 20x1/2                         | ks | 7  | 31,60 Kč     | 221,20 Kč     |
| Ventil termostatický směšovací Esbe VTA 320 35-60 ° G1/2 vnitřní závit | ks | 1  | 1 472,00 Kč  | 1 472,00 Kč   |
| Mosazná šikmý filtr 1/2  | ks | 1  | 93,00 Kč     | 93,00 Kč      |
| Kohout na vodu se šroubením 1/2  | ks | 3  | 107,00 Kč    | 321,00 Kč     |
| Kohout napouštěcí a vypouštěcí 1/2 bez niklu                           | ks | 1  | 76,00 Kč     | 76,00 Kč      |
| Nerezový vlnovec se šroubením  | m  | 2  | 125,00 Kč    | 250,00 Kč     |
| PPR přechodka kov 20x3/4 s převlečnou matkou                           | ks | 2  | 137,90 Kč    | 275,80 Kč     |
| Zařízení pro ohřev a rozvod pitné vody – celkem                        |    |    |              | 14 599,70 Kč  |
| Zařízení pro ohřev a rozvod topné vody                                 |    |    |              |               |
| Teplovodní sporák na tuhá paliva                                       | ks | 1  | 47 800,00 Kč | 47 800,00 Kč  |

|   |    |    |             |                      |
|---|----|----|-------------|----------------------|
| Oběhové čerpadlo Wilo pico  | ks | 1  | 3 250,00 Kč | 3 250,00 Kč          |
| Ventil termostatický plnicí Esbe VTC 310 60 °                             | ks | 1  | 2 690,00 Kč | 2 690,00 Kč          |
| CALEFFI 544 1/2 termostatický pijistný ventil s automatickým dopouštěním  | ks | 1  | 3 650,00 Kč | 3 650,00 Kč          |
| Expanzní nádoba Reflex N 35 l   | ks | 1  | 1 576,00 Kč | 1 576,00 Kč          |
| Pojistný ventil 1,8 bar 1"  | ks | 1  | 495,50 Kč   | 495,50 Kč            |
| Filtr   | ks | 1  | 170,00 Kč   | 170,00 Kč            |
| Klapka zpětná závitová 1"   | ks | 1  | 170,00 Kč   | 170,00 Kč            |
| Kohout vypoštěcí napouštěcí 3/4   | ks | 2  | 108,00 Kč   | 216,00 Kč            |
| Oblouk 90 ° 18 mm   | ks | 1  | 40,00 Kč    | 40,00 Kč             |
| Oblouk 90 ° 28 mm   | ks | 17 | 112,00 Kč   | 1 904,00 Kč          |
| Přechodka 28x1"   | ks | 2  | 73,00 Kč    | 146,00 Kč            |
| Šroubení topenářské přímé 1/2   | ks | 5  | 66,00 Kč    | 330,00 Kč            |
| Šroubení k čerpadlu 6/4 1"  | ks | 2  | 154,00 Kč   | 308,00 Kč            |
| Šroubení topenářské přímé 1"  | ks | 16 | 151,00 Kč   | 2 416,00 Kč          |
| Šroubení topenářské rohové 1"   | ks | 3  | 246,00 Kč   | 738,00 Kč            |
| T kus 28 mm   | ks | 8  | 151,00 Kč   | 1 208,00 Kč          |
| T kus FFF Mosaz 1"  | ks | 1  | 131,00 Kč   | 131,00 Kč            |
| T kus FFF Mosaz 3/4"  | ks | 1  | 96,70 Kč    | 96,70 Kč             |
| T kus redukovaný 28x1/2"  | ks | 4  | 340,00 Kč   | 1 360,00 Kč          |
| Termomanometr zadní 0-4 bar 1/2   | ks | 2  | 343,00 Kč   | 686,00 Kč            |
| Topenářské šroubení přímé 3/4   | ks | 1  | 96,00 Kč    | 96,00 Kč             |
| Ventil FF 1"  | ks | 2  | 130,00 Kč   | 260,00 Kč            |
| Ventil MF 1"  | ks | 4  | 195,00 Kč   | 780,00 Kč            |
| Ventil odvzdušňovací automatický 1/2                                      | ks | 2  | 225,00 Kč   | 450,00 Kč            |
| Vsuvka MM 1/2   | ks | 4  | 24,40 Kč    | 97,60 Kč             |
| Vsuvka MM mosaz 1"  | ks | 6  | 59,00 Kč    | 354,00 Kč            |
| Vsuvka MM mosaz 1/2   | ks | 5  | 24,40 Kč    | 122,00 Kč            |
| Vsuvka MM mosaz redukce 1"x3/4"   | ks | 2  | 59,00 Kč    | 118,00 Kč            |
| Vsuvka přechodová 28 X 1"   | ks | 22 | 214,00 Kč   | 4 708,00 Kč          |
| Vsuvka přechodová 28 x 3/4"   | ks | 4  | 204,20 Kč   | 816,80 Kč            |
| Vsuvka přechodová 18x1/2  | ks | 3  | 160,00 Kč   | 480,00 Kč            |
| Koleno MF 90 ° 1/2 mosaz  | ks | 2  | 69,00 Kč    | 138,00 Kč            |
| Trubka uhlíková ocel Sanha Therm 24000 28×1,5 mm 6 m                      | ks | 6  | 1 006,00 Kč | 6 036,00 Kč          |
| Trubka uhlíková ocel Sanha Therm 24000 18×1,2 mm 6 m                      | ks | 3  | 540,00 Kč   | 1 620,00 Kč          |
| Elektromagnetický ventil 0-8bar G1 NO HP medium do 130 ° C cívkou 230V AC | ks | 2  | 2 899,00 Kč | 5 798,00 Kč          |
| Elektromagnetický ventil 0-10bar do 130 ° C G1 NC HP cívkou 230V AC       | ks | 3  | 1 920,00 Kč | 5 760,00 Kč          |
| <b>Zařízení pro ohřev a rozvod topné vody - celkem</b>                    |    |    |             | <b>97 015,60 Kč</b>  |
| <b>VODOINSTALACE – CELKEM</b>   |    |    |             | <b>111 615,30 Kč</b> |
| <b>ZEDNICKÉ PRÁCE</b>   |    |    |             |                      |
| Kachličky bílé  | ks | 10 | 177,00 Kč   | 1 770,00 Kč          |

|                                  |    |   |           |                      |
|----------------------------------|----|---|-----------|----------------------|
| Ukončovací lišta 250 cm          | ks | 3 | 189,00 Kč | 567,00 Kč            |
| Komínová vložka keramická 90 °   | ks | 1 | 870,00 Kč | 870,00 Kč            |
| Komínová vložka keramická dvířka | ks | 1 | 956,00 Kč | 956,00 Kč            |
| komínová vložka keramická        | ks | 1 | 212,00 Kč | 212,00 Kč            |
| <b>ZEDNICKÉ PRÁCE - CELKEM</b>   |    |   |           | <b>4 375,00 Kč</b>   |
| <b>Celkem</b>                    |    |   |           | <b>227 399,56 Kč</b> |

## A.4 Náklady pro variantu 4

| Název   | Mj | Počet | Cena          | Cena celkem          |
|---|----|-------|---------------|----------------------|
| <b>ELEKTRICKÁ ČÁST</b>  |    |       |               |                      |
| <b>Střešní instalace</b>                                      |    |       |               |                      |
| Fotovoltaický modul AS-6M144-HC                               | ks | 12    | 4 569,00 Kč   | 54 828,00 Kč         |
| Konektory MC4 pár   | ks | 5     | 60,00 Kč      | 300,00 Kč            |
| Chránička kabelu venkovní UV stabilní 25 mm                   | m  | 9     | 39,00 Kč      | 351,00 Kč            |
| <b>Střešní instalace – celkem</b>                             |    |       |               | <b>55 479,00 Kč</b>  |
| <b>DC rozvaděč</b>  |    |       |               |                      |
| Rozvaděč na omítku 8 modulů                                   | ks | 1     | 329,00 Kč     | 329,00 Kč            |
| Pojistkový odpojovač Noark 2p 10x38 1000 V DC 30A             | ks | 1     | 268,90 Kč     | 268,90 Kč            |
| PC10 25A gPv  | ks | 2     | 160,00 Kč     | 320,00 Kč            |
| SLP-PV500 V/U   | ks | 1     | 2 638,36 Kč   | 2 638,36 Kč          |
| <b>DC rozvaděč – celkem</b>                                   |    |       |               | <b>3 556,26 Kč</b>   |
| <b>Měnič</b>  |    |       |               |                      |
| Axpert king II Off-Grid Inverter                              | ks | 1     | 27 000,00 Kč  | 27 000,00 Kč         |
| Baterie 10 kWh  | ks | 1     | 100 000,00 Kč | 100 000,00 Kč        |
| <b>Měnič – celkem</b>   |    |       |               | <b>127 000,00 Kč</b> |
| <b>AC rozvaděč</b>  |    |       |               |                      |
| Rozvaděč na omítku 16 modulů                                  | ks | 1     | 399,00 Kč     | 399,00 Kč            |
| Pojistkový odpínač OPVP10-2 32A O EZ                          | ks | 1     | 288,00 Kč     | 288,00 Kč            |
| PV10 12A gG   | ks | 2     | 35,00 Kč      | 70,00 Kč             |
| Zdroj mean Well HDR-15-24                                     | ks | 1     | 430,00 Kč     | 430,00 Kč            |
| Pomocné relé Elko EP VS116K 1x16A přepínací AC 230V AC/DC 24V | ks | 1     | 361,00 Kč     | 361,00 Kč            |
| Rozbočovací můstek  | ks | 2     | 18,00 Kč      | 36,00 Kč             |
| <b>AC rozvaděč – celkem</b>                                   |    |       |               | <b>1 584,00 Kč</b>   |
| <b>Kabely</b>   |    |       |               |                      |
| EFK SOLAR 80 4,0  | m  | 30    | 36,00 Kč      | 1 080,00 Kč          |
| CYKY-J 3x2,5  | m  | 25    | 27,00 Kč      | 675,00 Kč            |
| <b>Kabely - celkem</b>  |    |       |               | <b>1 755,00 Kč</b>   |
| <b>ELEKTRICKÁ ČÁST – CELEKM</b>                               |    |       |               | <b>189 374,26 Kč</b> |
| <b>VODOINSTALACE</b>  |    |       |               |                      |



|   |  |  |  |               |
|---|--|--|--|---------------|
| Zařízení pro ohřev a rozvod pitné vody          |  |  |  |               |
| Zařízení pro ohřev a rozvod pitné vody – celkem |  |  |  | 14 599,70 Kč  |
| Zařízení pro ohřev a rozvod topné vody          |  |  |  |               |
| Zařízení pro ohřev a rozvod topné vody – celkem |  |  |  | 97 015,60 Kč  |
| VODOINSTALACE – CELKEM                          |  |  |  | 111 615,30 Kč |
| ZEDNICKÉ PRÁCE                                  |  |  |  |               |
| ZEDNICKÉ PRÁCE – CELKEM                         |  |  |  | 4 375,00 Kč   |
| Celkem  |  |  |  | 305 364,56 Kč |